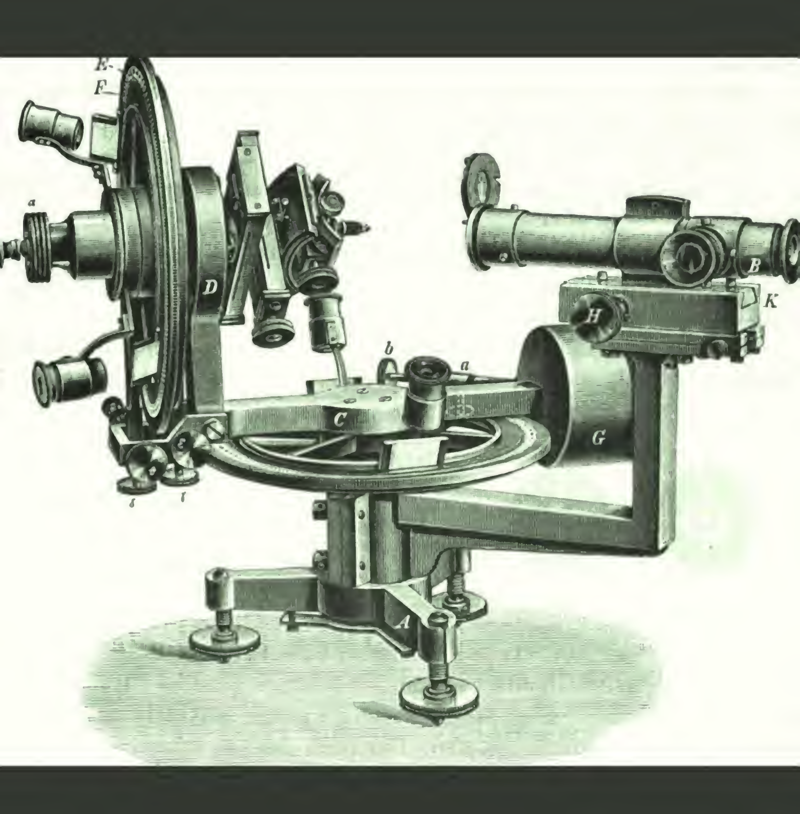


Zeitschrift für Kristallographie, Kristallgeometrie, ...







J C Branner

ZEITSCHRIFT

FÜR

KRYSTALLOGRAPHIE

UND

MINERALOGIE

UNTER MITWIRKUNG

ZAHLREICHER FACHGENOSSEN DES IN- UND AUSLANDES

HERAUSGEGEBEN

VON

P. GROTH.

EINUNDZWANZIGSTER BAND.

MIT 13 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN UND 165 FIGUREN IM TEXT.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1893.

Inhaltsverzeichniss des einundzwanzigsten Bandes.

Heft I u. II. (Geschlossen am 15. September 1892.)

Heft III. (Geschlossen am 17. Dezember 1892.)

Heft IV. (Geschlossen am 1. Februar 1893.)

Heft V u. VI. (Geschlossen am 19. März 1893.)

I. Daten zur genaueren Kenntniss einiger Mineralien der Pyroxengruppe.

Von

Alexander Schmidt in Budapest *).

(Mit Tafel I—IV.)

Die Aufgabe, welche ich in dieser Arbeit zu lösen suchte, bestand in der genaueren krystallographischen Untersuchung hauptsächlich jener Glieder der monosymmetrischen Reihe der Pyroxengruppe, welche wir als Diopside kennen. Meine Untersuchungen umfassten die folgenden Mineralien: den Diopsid aus dem Alathale, die weissen und grünen Diopside von Achmatowsk, die Diopside von Nordmarken und aus dem Zillerthal und endlich noch die Augite des Arany-Berges.

1. Diopsid aus dem Alathal.

Dies ist bekanntlich die classische Fundstelle des Diopsids. In der Nähe der Gemeinde Ala, in der Umgegend der Mussa-Alp, befindet sich der Serpentin der Testa Ciarva, worin, wie auch an anderen naheliegenden Stellen (Rocca nera, becco della Corbassera), der Diopsid hauptsächlich in Gesellschaft von rothem Granat, Chlorit und langprismatischen Vesuviankrystallen vorkommt.

Der Diopsid vom Ala-Thal ist im Allgemeinen sehr licht gefärbt, meistens farblos oder aber von blassgrüner bis grünlichgrauer Farbe; es sind manchmal an einigen Krystallen auch dunkelgrüne Partien zu beobachten. Häufig ist die Farbe der einzelnen Krystalle nicht gleichmässig, sondern die Enden sind von den übrigen Theilen abweichend gefärbt.

Die Krystalle dieses Fundortes sind diejenigen, welche für den Namen Diopsid Veranlassung gaben. Bonvoisin entdeckte nämlich daselbst, am

*) Aus dem ung. Original, M. T. Akad. Ért. a term. tud. köréből, 1891, **21**, 4. sz., vom Verf. mitgetheilt.

Berge Ciarnietta, dieses Mineral und nannte es von der Fundstelle Alalit; Derselbe beschrieb von hier zuerst den Mussit, dessen Benennung er ebenfalls dem Fundorte (Mussa-Alp) entnahm *), und anfangs wurden beide als selbständige Species angesehen; aber der scharfsinnige Carl Cäsar v. Leonhard hatte schon Zweifel an der Selbständigkeit dieser Arten. Haüy entschied dann, wie er am 28. Juni 1809 auch an C. C. v. Leonhard schreibt, dass der Alalit und Mussit bloss Varietäten des Augits oder Pyroxens sind, und ist geneigt, beide in das neuerdings aufgestellte Diopsidgeschlecht einzureihen und mit dem Augit zusammenzuziehen **). Werner dagegen betrachtete noch um dieselbe Zeit den Diopsid (Alalit und Mussit) als selbständig und stellte ihn als Species nach dem Augit ***).

Die späteren Erfahrungen bestätigten bekanntlich die Ansicht von Haüy, und heute werden als Diopside diejenigen Mineralien der monosymmetrischen Reihe der Pyroxen- oder Augitgruppe bezeichnet, welche normale Metasilicate des Magnesiums und Kalkes, beziehungsweise diese theilweise substituirend auch des Eisens sind †).

Der Diopsid von Ala ist einer jener Diopside, welche die geringste Eisenmenge enthalten, daher er auch einen der typischen Vertreter des sogenannten Diopsidsilicates bildet, dessen chemische Formel $[SiO_3]_2 MgCa$ lautet. Die Analysen C. Dölter's haben nämlich die folgende procentische Zusammensetzung des farblosen (a.) und dunkelgrün (b.) gefärbten Diopsides ermittelt ††):

	a.	b.	Berechnet:
SiO_2	54,74	54,28	55,58
CaO	26,03	25,04	25,91
MgO	17,02	17,30	18,51
FeO	2,91	1,91	—
Fe_2O_3	—	0,98	—
Al_2O_3	—	0,51	—
	100,70	100,02	100,00

*) Note sur le Diopside, espèce nouvelle établie par M. Haüy, comprenant deux variétés trouvées dans les Alpes piémontaises, par M. Bonvoisin, et désignées dans le Journal de Physique (mai, 1806), sous les noms de Mussite et d'Alalite. Par M. Tonnellier. Journal des mines. 20ième volume. 2nd sémestre, Paris, 1806, p. 65.

**) C. C. Leonhard, Taschenb. f. d. ges. Mineralogie. Dritter Jahrg. 1809, S. 260—317.

***) l. c. Sechster Jahrg. 1812, p. 278.

†) P. Groth, Tabellarische Uebersicht der Mineralien. Dritte Auflage, Braunschweig, 1889, S. 128.

††) Zur Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Augits. G. Tschermak's mineralogische Mittheilungen. Jahrg. 1877, S. 279—296. Ref. diese Zeitschr. 2, 525.

Die den Diopsid von Ala und Mussa betreffenden wichtigeren Arbeiten sind nachstehend aufgeführt.

1856. 1. Fr. Hessenberg, Diopsid von der Mussa-Alp. Mineralogische Notizen I; Abh. d. Senckenb. Ges. Frankfurt a. M. **2**, 175.

1862. 2. N. von Kokscharow, Materialien zur Mineralogie Russlands. St. Petersburg, **4**, 258—385.

1863. 3. Fr. Hessenberg, Diopsid von der Mussa-Alp im Alathal. Mineralogische Notizen V; Abh. d. Senckenb. Ges. Frankfurt a. M. **4**, 201—202.

1867. 4. A. Kenngott, Ueber die alkalische Reaction einiger Mineralien. Neues Jahrbuch f. Mineralogie etc. 1867, S. 302—319.

1871. 5. G. Tschermak, Ueber Pyroxen und Amphibol. Min. Mitth. Jahrg. 1871, S. 17—46.

6. G. Strüver, Die Minerallagerstätten des Alathales in Piemont. Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. 1871, S. 337—352.

1880—81. 7. G. vom Rath, Lamellare Zwillingsverwachsung des Augit nach der Basis. Diese Zeitschr. **5**, 495—496.

1883—84. 8. G. vom Rath, Neue Flächen am Diopsid. Diese Zeitschr. **8**, 46—47.

9. F. J. Wiik, Ueber das Verhältniss der optischen und chemischen Eigenschaften des Pyroxens. Diese Zeitschr. **8**, 208—210.

1884. 10. C. Dölter und E. Hussak, Ueber die Einwirkung geschmolzener Magmen auf verschiedene Mineralien. Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. 1884. **1**, 18—44. Ref. in dieser Zeitschr. **11**, 76.

11. G. La Valle, Sui geminati polisintetici del diopside di Val d'Ala. R. Accademia dei Lincei, Memorie, **19**, 1884. Ausz. diese Zeitschr. **11**, 401—402.

1885. 12. C. Dölter, Ueber die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung beim Pyroxen. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. 1885, **1**, 43—68. Ref. diese Zeitschr. **11**, 624.

1885—86. 13. J. Götz, Krystallographische Untersuchungen am Diopsid: 1. Diopsid von Ala. 2. Diopsid von Reichenstein (Schlesien). Tabell. Zusammenst. der am Pyroxen beob. Flächen. Diese Zeitschr. **11**, 236—245.

14. G. La Valle, Sul diopside di Val d'Ala, R. Accademia dei Lincei, Memorie, 1885—86, Ser. IV, **3**, 226—263. Auch G. Strüver, l. c. Transunti, 6. Juni 1886. Ausz. diese Zeitschr. **13**, 293.

1886. 15. J. Götz, Diopsid von Ala. Mitth. d. naturw. Ver. f. Neuvorpommern und Rügen. Greifswald 1886. Ausz. diese Zeitschr **17**, 224.

1887. 16. H. Dufet, Untersuchung der Dispersion der optischen Elasticitätsaxen in einigen monosymmetrischen Krystallen. Bull. d. l. soc. franç. d. Min. 1887, **10**, 214. Ausz. diese Zeitschr. **14**, 633—637.

1888. 17. G. La Valle, Sul diopside delle »Borne de' Brous« presso Val d'Ala (Piemonte). R. Accademia dei Lincei, Memorie, 1888, Ser. IV, **5**, 389—395. Ausz. diese Zeitschr. **18**, 88—89.

1889. 18. O. Mügge, Secundäre Zwillingsbildung am Diopsid. Neues Jahrb. für Mineralogie etc., 1889, **1**, 239. Ref. diese Zeitschr. **19**, 310.

1891. 19. E. A. Wülfing, Beiträge zur Kenntniss der Pyroxenfamilie in chemischer und optischer Beziehung. Habilitationsschrift, Heidelberg 1891.

Die untersuchten Diopsidkrystalle von Ala stammen aus der Sammlung des ungarischen Nationalmuseums, und gebe ich im Folgenden deren nähere Beschreibung mit der Bemerkung, dass die Stellung eines jeden Krystalles mit Hülfe der optischen Eigenschaften controlirt wurde.

Krystall Nr. 1, Taf. I Fig. 1 und 1a. Wasserklar, säulenförmig, beinahe 2 mm lang und 1,5 resp. 1 mm breit. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$\lambda\{\bar{3}31\}3P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$c\{001\}0P$	$s\{\bar{1}11\}P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$\tau\{\bar{1}12\}\frac{1}{2}P$
$m\{110\}\infty P$	$u\{111\}-P$
$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$,

zu welchen noch die in Spuren ausgebildeten: $d\{131\}-3\breve{P}3$, $\Phi\{152\}-\frac{5}{2}\breve{P}5$ und $\pi\{041\}4\breve{P}\infty$ hinzukommen, zusammen also 15 Formen. Ordnen wir diese nach ihrer relativen Grösse derart, dass wir die Reihe mit der am grössten entwickelten Form beginnen, so ist die Aufeinanderfolge die nachstehende: b, u, a, o, f, c, p, m, k, s, τ, λ, d, π, Φ.

Die Mehrzahl der Flächen ist glänzend, bloss die Oberfläche von p und k ist rauh; die Flächen von a sind mit der verticalen, diejenigen von s mit der Zonenaxe von $[a:u]$ parallel fein gestreift; die Flächen von τ schliesslich sind in ihrer Lage gestört.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^0 16'$	2	$1'$	$46^0 21' 35''$
$a : f = (100):(310)$	$= 19\ 14$	5	2	19 16 0
$a : c = (100):(001)$	$= 74\ 24$	2	—	74 15 47
$a : u = (100):(111)$	$= 54\ 6$	2	1	53 59 0
$a^1 : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 76\ 46$	4	16	76 25 26
$b : u = (010):(111)$	$= 65\ 46$	5	1	65 45 0
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 47\ 51$	5	3	47 57 45
$b : s = (010):(\bar{1}11)$	$= 60\ 30$	5	2	60 25 23
$m : c = (110):(001)$	$= 79\ 15$	2	2	79 12 43
$m : u = (110):(111)$	$= 45\ 21$	2	6	45 19 42
$m^3 : \tau = (\bar{1}10):(\bar{1}12)$	$= 78\ 4$ ca.	—	—	78 13 26
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= 58\ 57$	2	5	58 43 16
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 13$	4	13	35 25 49
$m^3 : \lambda = (\bar{1}10):(\bar{3}31)$	$= 24\ 42$	2	6	24 24 31

Die berechneten Werthe sind dieselben, welche aus den, für diese Diopside festgesetzten, und nach der Detaillirung der einzelnen Krystalle zusammengestellten Grundwerthen folgen. Ferner ist in dieser, wie auch in den übrigen Zusammenstellungen n = Anzahl der gemessenen Kanten, $\pm d$ = Mittelabweichung der einzelnen gemessenen Winkel von deren Mittel.

Krystall Nr. 2. Wasserklar, 3,5 mm lang und 1,5 mm breit. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$ $\quad s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$ $\quad u\{111\}-P$
$c\{001\}0P$ $\quad \pi\{041\}4\breve{P}\infty$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$ $\quad d\{131\}-3\breve{P}3$
$m\{110\}\infty P$ $\quad \Phi\{152\}-\frac{5}{2}\breve{P}5$
$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$ $\quad ʃ\{\bar{1}31\}3\breve{P}3$
$o\{\bar{2}21\}2P$ $\quad k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$.

Im Ganzen daher 14 Formen, welche der Grösse nach — wie bei dem Krystall Nr. 1 — sich folgendermassen ordnen: *b, a, u, o, π, c, p, k, f, m, s, Φ, d, ʃ*. Von den Terminalflächen sind *k* und *p* auch bei diesem Krystalle rauh.

		Beobachtet:	n	± d	Berechnet:
$a : f$	$= (100):(310) =$	19° 13′	2	1′	19° 16′ 0″
$a : u$	$= (100):(111) =$	53 56	1	—	53 59 0
$a : c$	$= (100):(001) =$	74 9	2	2	74 15 47
$a' : s$	$= (\bar{1}00):(\bar{1}11) =$	76 31	1	—	76 25 26
$a' : p$	$= (\bar{1}00):(\bar{1}01) =$	72 41 ca.	—	—	74 20 29
$b : u$	$= (010):(111) =$	65 42	1	—	65 45 0
$b : d$	$= (010):(131) =$	35 56 ca.	—	—	36 30 2
$b : \pi$	$= (010):(041) =$	23 43	7	3	23 46 52
$b : c$	$= (010):(001) =$	89 56	3	1	90 0 0
$b : o$	$= (010):(\bar{2}21) =$	47 57	1	—	47 57 45
$m : f$	$= (110):(310) =$	27 5	1	—	27 5 35
$u : \pi$	$= (111):(041) =$	44 43	2	3	44 42 57
$u : \Phi$	$= (111):(152) =$	29 0 ca.	—	—	29 1 55
$u : c$	$= (111):(001) =$	33 57	1	—	33 53 1
$o : c$	$= (\bar{2}21):(001) =$	65 12	1	—	65 21 28
$o : \pi$	$= (\bar{2}21):(041) =$	38 33	2	1	38 39 28
$o : ʃ$	$= (\bar{2}21):(\bar{1}31) =$	22 58 ca.	—	—	23 6 15
$o' : \pi$	$= (\bar{2}\bar{2}1):(041) =$	116 28	1	—	116 23 59
$c : s$	$= (001):(\bar{1}11) =$	42 0	1	—	42 4 1
$f : u'$	$= (310):(1\bar{1}1) =$	65 11	2	1	65 12 28
$f^3 : o$	$= (\bar{3}10):(\bar{2}21) =$	47 52	3	7	47 43 41

Krystall Nr. 3, Taf. I, Fig. 2 und 2a. Wasserklar, 3 mm lang und 1 mm breit, mit den folgenden 16 Formen:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$ $\quad s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$ $\quad \tau\{\bar{1}12\}\frac{1}{2}P$
$c\{001\}0P$ $\quad u\{111\}-P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$ $\quad \pi\{041\}4\breve{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$ $\quad z\{021\}2\breve{P}\infty$
$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$ $\quad d\{131\}-3\breve{P}3$
$\lambda\{\bar{3}31\}3P$ $\quad \Phi\{152\}-\frac{5}{2}\breve{P}5$
$o\{\bar{2}21\}2P$ $\quad ʃ\{\bar{1}31\}3\breve{P}3$.

Der abnehmenden Grösse nach geordnet ist daher die Combination dieses Krystalles: *b*, *u*, *a*, *o*, *f*, *m*, *c*, *p*, *s*, *π*, *τ*, *z*, *d*, *Φ*, ʃ, *λ*; die Flächen von *p* sind auch hier rauh, wogegen *a* mit der verticalen und *s* mit der [*a* : *u*]-Zonenaxe parallel gestreift erscheinen.

	Beobachtet:	*n*	±*d*	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	= 46° 26′	4	2′	46° 21′ 35″
$a : f = (100):(310)$	= 19 17	12	1	19 16 0
$a : u = (100):(111)$	= 54 0	1	—	53 59 0
$a' : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	= 76 31	1	—	76 25 26
$b : u = (010):(111)$	= 65 47	5	2	65 45 0
$b : d = (010):(131)$	= 37 5 ca.	—	—	36 30 2
$b : z = (010):(021)$	= 41 21 ca.	—	—	41 23 25
$b : c = (010):(001)$	= 89 58	2	3	90 0 0
$b : \pi = (010):(041)$	= 23 47	5	2	23 46 52
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	= 47 51	2	1	47 57 45
b : ʃ $= (010):(\bar{1}31)$	= 30 15 ca.	—	—	30 25 37
$b : s = (010):(\bar{1}11)$	= 60 30	2	3	60 25 23
$m : c = (110):(001)$	= 79 8	2	3	79 12 43
$m : u = (110):(111)$	= 45 23	2	2	45 19 42
$m^3 : \lambda = (\bar{1}10):(\bar{3}31)$	= 24 40 ca.	—	—	24 24 31
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	= 35 23	1	—	35 25 49
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	= 58 47	1	—	58 43 16
$m^3 : \tau = (\bar{1}10):(\bar{1}12)$	= 78 19	1	—	78 13 26
$u : \pi = (111):(041)$	= 44 33	2	9	44 42 57
$u : \Phi = (111):(152)$	= 28 52	2	2	29 1 55
$o : \pi = (\bar{2}21):(041)$	= 38 50	1	—	38 39 28
o : ʃ $= (\bar{2}21):(\bar{1}31)$	= 23 1 ca.	—	—	23 6 15
$\Phi : z = (152):(021)$	= 9 30	1	—	9 21 10
$d : z = (131):(021)$	= 18 14 ca.	—	—	16 1 10

Krystall Nr. 4, Taf. I, Fig. 3 und 3a. Wasserklar, 4 mm lang, 2 resp. 1 mm breit. Zeigt die nachstehenden 15 Formen:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$\tau\{\bar{1}12\}\frac{1}{2}P$
$c\{001\}0P$	$u\{111\}-P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$\pi\{041\}4\breve{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$	$\Phi\{152\}-\frac{5}{2}\breve{P}5$
$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$	ʃ$\{\bar{1}31\}3\breve{P}3$
$\lambda\{\bar{3}31\}3P$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3.$
$o\{\bar{2}21\}2P$	

Die Vertheilung dieser Formen der abnehmenden Grösse nach ist wie folgt: *b*, *u*, *a*, *o*, *f*, *m*, *π*, *s*, *c*, *p*, *k*, *Φ*, ʃ, *τ*, *λ*; die Formen von *p* und *k*

besitzen rauhe Flächen und *a* ist in paralleler Richtung zu der verticalen Axe gestreift.

		Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m$	$= (100):(110)$	$= 46^\circ 29'$	2	3'	$46^\circ 21' 35''$
$a : f$	$= (100):(310)$	$= 19\ 17$	2	8	19 16 0
$a : u$	$= (100):(111)$	$= 53\ 59$	4	4	53 59 0
$a : c$	$= (100):(001)$	$= 74\ 14$	2	1	74 15 47
$a' : s$	$= (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 76\ 34$	4	1	76 25 26
$b : u$	$= (010):(111)$	$= 65\ 45$	5	2	65 45 0
$b : c$	$= (010):(001)$	$= 89\ 59$	1	—	90 0 0
$b : \pi$	$= (010):(041)$	$= 23\ 44$	5	3	23 46 52
$b : o$	$= (010):(\bar{2}21)$	$= 47\ 55$	3	1	47 57 45
$b : s$	$= (010):(\bar{1}11)$	$= 60\ 28$	3	3	60 25 23
b : ʃ	$= (010):(\bar{1}31)$	$= 30\ 39$ ca.	—	—	30 25 37
$m : u$	$= (110):(111)$	$= 45\ 36$	1	—	45 19 42
$m : c$	$= (110):(001)$	$= 79\ 25$ ca.	—	—	79 12 43
$m^3 : \lambda$	$= (\bar{1}10):(\bar{3}31)$	$= 23\ 54$ ca.	—	—	24 24 31
$m^3 : o$	$= (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 14$	1	—	35 25 49
$m^3 : s$	$= (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= 58\ 38$	1	—	58 43 16
$m^3 : \tau$	$= (\bar{1}10):(\bar{1}12)$	$= 77\ 39$ ca.	—	—	78 13 26
$f : u'$	$= (310):(1\bar{1}1)$	$= 65\ 6$	1	—	65 12 28
$u : o$	$= (111):(\bar{2}21)$	$= 66\ 58$	2	4	67 4 46
$u : \pi$	$= (111):(041)$	$= 44\ 44$	2	1	44 42 57
$u : \Phi$	$= (111):(152)$	$= 29\ 1$	2	1	29 1 55
$o : m^2$	$= (\bar{2}21):(\bar{1}\bar{1}0)$	$= 98\ 56$	1	—	98 52 46
$o : \pi$	$= (\bar{2}21):(041)$	$= 38\ 38$	2	—	38 39 28
π : ʃ	$= (041):(\bar{1}31)$	$= 15\ 34$ ca.	—	—	15 33 13

Krystall Nr. 5, Taf. I, Fig. 4 und 4a. Wasserklar, 2 mm lang und 1 mm breit, mit den folgenden zwölf Formen:

$a\{100\}\infty P\infty$	$y\{101\}-P\infty$
$b\{010\}\infty P\infty$	$\lambda\{\bar{3}31\}3P$
$c\{001\}0P$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$f\{310\}\infty P3$	$s\{\bar{1}11\}P$
$m\{110\}\infty P$	$u\{111\}-P$
$p\{\bar{1}01\}P\infty$	$d\{131\}-3P3$.

Während die übrigen Krystalle einander in ihrem allgemeinen Habitus ähnlich waren, ist dieser wegen der Grösse der Flächen von *u* gewissermassen von anderem Habitus; die Reihenfolge seiner Formen ist übrigens, geordnet wie die vorangehenden, wie folgt: *u*, *b*, *a*, *c*, *p*, *m*, *f*, *o*, *s*, *λ*, *d*, *y*; die Flächen von *p* sind auch an diesem Krystalle rauh, und *a* ist ebenfalls

in paralleler Richtung zu der verticalen Axe gestreift. In der Figur habe ich die sehr schmalen Flächen von *d* weggelassen.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46°21'$	2	1'	46°21'35"
$a : c = (100):(001)$	$= 74\ 10$	4	3	74 15 47
$a : u = (100):(111)$	$= 53\ 57$	4	3	53 59 0
$a' : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 73\ 27$ ca.	—	—	76 25 26
$b : u = (010):(111)$	$= 65\ 46$	3	2	65 45 0
$m : u = (110):(111)$	$= 45\ 24$	5	7	45 19 42
$m : c = (110):(001)$	$= 79\ 14$	3	4	79 12 43
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 42$	2	5	35 25 49

Schliesslich fand ich an einem sechsten Krystalle die Combination folgender Formen:

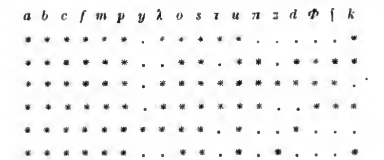
$a\{100\}\infty P\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$c\{001\}0P$	$u\{111\}-P$
$f\{310\}\infty P3$	$z\{021\}2P\infty$
$m\{110\}\infty P$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}P3$.
$p\{\bar{1}01\}P\infty$	

Die nach der abnehmenden Grösse geordnete Reihenfolge dieser elf Formen ist: *b, u, o, a, f, m, c, p, s, k, z*; die Flächen von *a* und *f* sind vertical gestreift, und die Oberflächen von *p* und *k* sind auch hier rauh.

Wenn wir die angeführten geometrischen und habituellen Eigenschaften zusammenstellen, so ist zunächst die Zahl der beobachteten Formen an den untersuchten Diopsidkrystallen von Ala 18, und zwar die folgenden:

$a\{100\}\infty P\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$\tau\{\bar{1}12\}\frac{1}{2}P$
$c\{001\}0P$	$u\{111\}-P$
$f\{310\}\infty P3$	$\pi\{041\}4P\infty$
$m\{110\}\infty P$	$z\{021\}2P\infty$
$p\{\bar{1}01\}P\infty$	$d\{131\}-3P3$
$y\{101\}-P\infty$	$\Phi\{152\}-\frac{5}{2}P5$
$\lambda\{\bar{3}31\}3P$	$\mathfrak{f}\{\bar{1}31\}3P3$
$o\{\bar{2}21\}2P$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}P3$.

Die Zusammenstellung der hier beschriebenen Combinationen giebt hingegen die folgende Uebersicht der charakteristischen Formen dieses Diopsides:



a	*b*	*c*	*f*	*m*	*p*	*y*	*λ*	*o*	*s*	*τ*	*u*	*n*	*z*	*d*	*Φ*	ʃ	*k*
*	*	*	*	*	*	.	*	*	*	*	*	.	.	.	.	.	*
*	*	*	*	*	*	.	.	*	*	.	*	*	.	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.
*	*	*	*	*	*	.	*	*	*	*	*	*	.	.	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.	*	.	.	*	.	.	.
*	*	*	*	*	*	.	.	*	*	.	*	.	*	.	.	.	*

Wie ersichtlich werden die Krystalle ausser durch den prismatischen Habitus, noch speciell durch die Formen *a*, *b*, *c*, *f*, *m*, *p*, *o*, *s*, *u* derart charakterisirt, dass hauptsächlich *b*, *u*, *a* und *o* vorherrschen. Auch die erwähnte rauhe Oberfläche von *p* und *k*, wie auch die verticale Streifung der Flächen *a* ist erwähnenswerth; die Flächen der übrigen Formen pflegen gewöhnlich glatt zu sein und ganz besonders die Flächen von *o*, *u* und *f* sind gut glänzend. Die Form $y\{101\} - \bar{P}\infty$ wurde bisher an diesen Diopsiden noch nicht beobachtet.

Die Zusammenstellung aller jener Formen, welche überhaupt bis jetzt an den Diopsiden von Ala und Mussa durch einzelne Forscher beobachtet wurden, ergiebt die nachstehenden 64:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$
$b\{010\}\infty\grave{P}\infty$
$c\{001\}0P$
$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$
$j\{920\}\infty\bar{P}\frac{9}{2}$
$\Sigma\{15.4.0\}\infty\bar{P}\frac{15}{4}$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$
$m\{110\}\infty P$
$\omega\{120\}\infty\grave{P}2$
$i\{130\}\infty\grave{P}3$
$\pi\{041\}4\grave{P}\infty$
$z\{021\}2\grave{P}\infty$
$e\{011\}\grave{P}\infty$
$G\{\bar{2}01\}2\bar{P}\infty$
$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$n\{\bar{1}02\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$
$\psi\{501\}-5\bar{P}\infty$
$M\{401\}-4\bar{P}\infty$
$Q\{15.0.4\}-\frac{15}{4}\bar{P}\infty$
$J\{702\}-\frac{7}{2}\bar{P}\infty$
$\varsigma\{301\}-3\bar{P}\infty$
$y\{101\}-\bar{P}\infty$
$\lambda\{\bar{3}31\}3P$

$o\{\bar{2}21\}2P$
$\beta\{\bar{8}85\}\frac{8}{5}P$
$\varrho\{\bar{3}32\}\frac{3}{2}P$
$s\{\bar{1}11\}P$
$\xi\{\bar{3}35\}\frac{3}{5}P$
$\tau\{\bar{1}12\}\frac{1}{2}P$
$v\{221\}-2P$
$u\{111\}-P$
$\sigma\{112\}-\frac{1}{2}P$
$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$
$\Theta\{\bar{3}13\}\bar{P}3$
$B\{411\}-4\bar{P}4$
$P\{15.4.4\}-\frac{15}{4}\bar{P}\frac{15}{4}$
$\Gamma\{311\}-3\bar{P}3$
$A\{211\}-2\bar{P}2$
$\mathfrak{r}\{433\}-\frac{4}{3}\bar{P}\frac{4}{3}$
$E\{10.4.1\}-10\bar{P}\frac{5}{2}$
$D\{922\}-\frac{9}{2}\bar{P}\frac{9}{2}$
$\eta\{421\}-4\bar{P}2$
$\mathfrak{g}\{732\}-\frac{7}{2}\bar{P}\frac{7}{3}$
$\gamma\{\bar{1}51\}5\grave{P}5$
$U\{\bar{1}52\}\frac{5}{2}\grave{P}5$
ʃ$\{\bar{1}31\}3\grave{P}3$

$\mathfrak{m}\{\bar{1}\bar{3}.21.13\}\ \frac{21}{13}P\frac{21}{13}$
$\mathfrak{a}\{\bar{4}65\}\ \frac{6}{5}P\frac{3}{2}$
$\mathfrak{b}\{\bar{2}35\}\ \frac{3}{5}P\frac{3}{2}$
$\mathfrak{c}\{\bar{3}54\}\ \frac{5}{4}P\frac{5}{3}$
$\mathfrak{d}\{\bar{6}87\}\ \frac{8}{7}P\frac{4}{3}$
$\mathfrak{e}\{\bar{3}47\}\ \frac{4}{7}P\frac{4}{3}$
$\mathfrak{f}\{\bar{1}\bar{8}.20.19\}\ \frac{20}{19}P\frac{10}{9}$
$\Phi\{152\}-\frac{5}{2}P5$
$d\{131\}-3P3$
$l\{241\}-4P2$
$\mu\{121\}-2P2$
$N\{132\}-\frac{3}{2}P3$
$\mathfrak{u}\{134\}-\frac{3}{4}P3$
$\mathfrak{r}\{136\}-\frac{1}{2}P3$
$x\{461\}-6P\frac{3}{2}$.

Die Krystalle weisen daher einen grossen Reichthum an Formen auf. Denn wenn auch einige dieser oben angeführten Formen mit der Zeit als nicht genügend begründet eliminirt werden mögen, wie dies bereits durch Goldschmidt*) in seinem Index geschah, so bleibt doch immer noch eine so erheblich grosse Anzahl von Formen, dass diese Fundstelle auch in dieser Richtung an Merkwürdigkeit nicht einbüssen wird. Von diesen 64 Formen sind die Flächen von a, b, c, m, p, o und u die bezeichnendsten für diese Diopside, ausser diesen können noch: η, ψ, f, χ, λ und v als häufigere bezeichnet werden, wogegen die übrigen, mit Ausnahme von z, e, M, s, τ und Γ, bloss als Seltenheiten gelten, wie dies die Arbeiten der einzelnen Autoren beweisen.

Wollen wir die geometrischen Elemente des Diopsids von Ala bestimmen, so vereinigen wir die zuverlässigsten Winkelwerthe entsprechend ihren Gewichten zu Mittelwerthen. Es sind hauptsächlich zwei Factoren der Gewichte der einzelnen Daten, welche in Rechnung gezogen werden müssen, nämlich die Reflexionsgüte der Oberfläche der einzelnen Flächen und die Zahl der gemessenen Kanten, welch letztere, im Zusammenhange mit der Differenz der an den einzelnen Kanten erzielten Werthe, auch die ungestörte Lage der Flächen des Krystalles kundgiebt. Die auf diese Art die geometrischen Elemente dieser Diopsidkrystalle bestimmenden und aus meinen mitgetheilten Messungsdaten ausgeglichenen drei Grundwerthe sind die folgenden:

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$
$a:f=(100):(310)$	$= 19^\circ 16'$	21	4	$2'$
$b:u=(010):(111)$	$= 65\ 45$	19	5	2
$a:u=(100):(111)$	$= 53\ 59$	12	5	3

In dieser Tabelle ist n die Anzahl der gemessenen Kanten, Kr. die der

*) Dr. Victor Goldschmidt, Index der Krystallformen der Mineralien, 1886—1891, **2**, 523—530. Goldschmidt war gewiss nicht in der Lage, in seiner Liste der Diopsid-Augitformen einige mit seinem Index fast gleichzeitige Publicationen berücksichtigen zu können; deswegen war ich gezwungen, manche seiner Buchstabensignaturen zu corrigiren.

gemessenen Krystalle, und aus diesen Fundamentalwerthen folgen die Elemente des Diopsids von Ala:

$$a : b : c = 1{,}0895 : 1 : 0{,}5894 ;$$
$$\beta = 74^\circ\, 15'\, 47''.$$

Ein Theil der an den einzelnen Krystallen erzielten Werthe, ebenfalls auf Mittelwerthe reducirt, ist in der folgenden Tabelle mit den aus diesen Grundwerthen berechneten Daten zusammengestellt:

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^\circ 23'$	10	4	5'	$46^\circ 21' 35''$
$a : c = (100):(001)$	$= 74\ 15$	10	4	6	74 15 47
$a' : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 76\ 36$	10	4	6	76 25 26
$b : \pi = (010):(041)$	$= 23\ 45$	17	3	2	23 46 52
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 47\ 53$	11	4	3	47 57 45
$b : s = (010):(\bar{1}11)$	$= 60\ 29$	10	3	1	60 25 23
$m : c = (110):(001)$	$= 79\ 13$	8	4	5	79 12 43
$m : u = (110):(111)$	$= 45\ 25$	10	4	5	45 19 42
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= 58\ 47$	4	3	6	58 43 16
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 27$	8	4	12	35 25 49
$u : \pi = (111):(041)$	$= 44\ 41$	6	3	5	44 42 57
$u : \Phi = (111):(152)$	$= 28\ 56$	5	2	5	29 1 55
$o : \pi = (\bar{2}21):(041)$	$= 38\ 39$	5	3	6	38 39 28
$f : u' = (310):(1\bar{1}1)$	$= 65\ 9$	3	2	3	65 12 28

Schliesslich gebe ich noch zum Vergleich einige Winkel des Diopsids von Ala, welche durch G. La Valle (14) und N. von Kokscharow (2) gemessen worden sind.

	Beobachtet G. L. Valle:	Beobachtet N. von Kokscharow:	Beobachtet Schmidt:
$a : f = (100):(310)$	$= 19^\circ 16' 27''$	$19^\circ 12' 48''$	$19^\circ 16'$
$b : u = (010):(111)$	$= 65\ 44\ 30$	65 45 0	65 45
$a : u = (100):(111)$	$= 53\ 55\ 41$		53 59

Was nun die optischen Eigenschaften des Diopsides vom Alathal betrifft, so habe ich an guten Präparaten die folgenden Daten bestimmt. Bedeutet $\mathfrak{c} : c$ die Neigung der in der Symmetrieebene liegenden ersten Mittellinie (zugleich $\mathfrak{c}$) zu der Verticalaxe, während das Supplement $\mathfrak{a} : c$ wird, dann ist bei diesen Krystallen:

$\mathfrak{c} : c = 38^\circ 49'$, 2 Präp., 12 einzelne Mess. Mitteldiff. 5', *Na*-Licht
$\mathfrak{a} : c = 50\ 58$, 2 - 12 - - - 30, *Na* -

Zum Vergleich kann ich den Werth $\mathfrak{c} : c = 38^\circ\, 41\frac{1}{2}'$ *Na* Wülfing's (19) anführen, welcher sich ebenfalls auf diesen Diopsid bezieht, aber das indirecte Resultat seiner Beobachtungen ist.

An zwei, auf die erste resp. zweite Mittellinie normal geschliffenen, guten Präparaten habe ich auch die scheinbare Neigung der optischen Axen in Luft und ausserdem in Methylenjodid gemessen, wie folgt:

$2\,E_a$ =	111° 55′,	4 einzelne Mess.,	0′ 44″	±Diff.,	*Na*-Licht,	20,5° C.
$2\,Mj_a$ =	56 54	4 -	1 15	-	*Na*- -	20,75 -
$2\,Mj_o$ =	113 38	4 -	0 55	-	*Na*- -	20,00 -

Aus diesen Daten folgt:

$$2V_a = 59^0\ 17'\ 54'',\ Na,\ 20{,}3^0\ \text{C.}$$
$$\beta = 1{,}67506,\ Na,\ 20{,}4^0\ \text{C.}$$

Aus diesen Werthen berechnet ergiebt sich 1,73939 als Brechungsexponent des Methylenjodids für *Na*-Licht bei 20,5° C.; dieser Brechungsexponent ergab sich andererseits bei directer Bestimmung mit einem Steinheil'schen Hohlprisma für *Na*-Licht bei 23,5° C. zu 1,73976; die Differenz dieser Daten ist daher 0,00037, woraus ein Schluss auf die Genauigkeit der Beobachtungen gezogen werden kann.

Zum Vergleich gebe ich noch die Daten von Dufet (16) und Wülfing (19), wonach bei dem Diopsid von Ala:

	β	
Dufet	1,6776	(Linie *D*)
Wülfing	1,6763	(*Na*-Licht)
Autor	1,6751	(*Na*-Licht).

2. Weisser Diopsid von Achmatowsk.

1849. 1. R. Herman, Erdm. u. March. Journal f. praktische Chemie **37**, 190. Ausz. Neues Jahrb. für Mineralogie, 1849, S. 573—574.

1862. 2. N. von Kokscharow, Materialien zur Mineralogie Russlands, St. Petersburg, **4**, 258—385.

Dieser in seiner Art ausserordentlich schöne Diopsid kommt in der Nähe der Hütte Kussinsk im Ural vor, wo die sehr schönen, ganz frischen, glänzenden Krystalle in Gesellschaft von Klinochlor anzutreffen sind; hier kommt dieser Diopsid auch in grösseren Krystallen vor, welche aber schon mehr oder weniger dem Verwittern unterworfen sind. Die frischen Krystalle des weissen Diopsids sind manchmal auch im körnigen Kalk eingewachsen.

Die kleineren Krystalle sind fast wasserklar, die grösseren hingegen etwas gelblichweiss oder bloss grünlichweiss gefärbt und diese letzteren Krystalle gewöhnlich nur durchscheinend. Die grösseren, im Verwittern begriffenen Krystalle besitzen eine blätterige Absonderung nach $c\{001\}0P$, durch die Orientirung sehr erleichtert ist; auf diesen Absonderungsflächen kann im convergenten polarisirten Lichte das Bild einer optischen

Axe ziemlich in der Mitte des Gesichtsfeldes beobachtet werden, welche Erscheinung bekanntlich die Basis des Pyroxens charakterisirt.

Nach der Analyse von R. Herman ist die chemische Zusammensetzung dieses Diopsids die nachfolgende:

	Beobachtet:	Berechnet:
SiO_2	53,97	55,58
CaO	25,60	25,91
MgO	17,86	18,51
FeO	2,00	—
MnO	0,57	—
	100,00	100,00

Eine neuere Analyse dieses Diopsids wäre als sehr wünschenswerth zu bezeichnen, doch ist ersichtlich, dass derselbe ebenfalls zu den an Eisen armen Diopsiden gehört.

Die Abbildungen der untersuchten Krystalle habe ich in den Fig. 5—10 in perspectivischer wie auch gerader Projection, welche den eigenthümlichen, von den übrigen Vorkommnissen abweichenden Habitus dieser Krystalle versinnlichen, zusammengestellt.

Krystall Nr. 1, Taf. I, Fig. 5 und 5a. Gewissermassen säulenförmig, beiläufig 5 mm lang und in den beiden übrigen Dimensionen 2 und 2,75 mm gross. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty P\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$c\{001\}\ 0P$	$u\{111\}-P$
$f\{310\}\infty P3$	$h\{441\}-4P$
$m\{110\}\infty P$	$d\{131\}-3P3$.

Zusammen 10 Formen, welche in der Reihenfolge ihrer abnehmenden Grösse sind: b, a, c, o, u, s, d, h, f und m. Von den Formen der verticalen Zone sind bloss die Flächen von m glatt, a ist parallel der verticalen Axe gestreift, b und f hingegen besitzen rauhe Oberflächen. Von den Terminalflächen sind c und s vollkommen matt, die Flächen von o hingegen zeigen eine Streifung parallel zu der Axe der Zone [001 : $\bar{2}$21]; die Oberfläche der übrigen Formen ist glatt und gut glänzend.

	Beobachet:	Berechnet:
$a : f = (100):(310)$	= 19° 10′	19° 17′ 0″
$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21)$	= 61 41	61 28 28
$b : u = (010):(111)$	= 65 39	65 45 0
$b : h = (010):(441)$	= 48 56	49 4 40
$b : d = (010):(131)$	= 36 35	36 30 2
$m : h = (110):(441)$	= 16 26	16 27 49

	Beobachtet:	Berechnet:
$m : u = (110):(111) =$	45° 18′	45° 18′ 0″
$m : o' = (110):(\bar{2}\bar{2}1) =$	144 25	144 33 7
$f : h = (310):(441) =$	28 30	28 24 3
$h : d = (441):(131) =$	22 40	22 42 4
$d : o = (131):(\bar{2}21) =$	51 55	52 9 41

Krystall Nr. 2, Taf. I, Fig. 6 und 6a. Fast wasserklarer, grösserer Krystall, dessen Dimensionen nach den drei Krystallaxen 6 mm Höhe und 6 resp. 2 mm Dicke betragen. In seinem Habitus ist auffallend die Verlängerung parallel der Zonenaxe [010 : $\bar{2}$21]; dies und bei anderen Krystallen noch die Verlängerung parallel der Zonenaxe [010 : 001] giebt die specielle Ausbildung des weissen Diopsids von Achmatowsk an. Dieser Krystall ist einer der einfachsten, denn er wird bloss durch die folgenden vier Formen begrenzt:

$a\{100\}\infty P\infty$ $c\{100\}0P$
$b\{010\}\infty P\infty$ $o\{\bar{2}21\}2P$.

Einen ähnlichen Krystall, jedoch ohne die Form a, hat schon Kokscharow beschrieben. Die Formen nach abnehmender Grösse geordnet, sind b, c, o, a; die Basis ist auch an diesem Krystall vollständig rauh, die Oberfläche von o hingegen weist eigenthümliche Corrosionsvertiefungen auf, welche parallel zu der Zonenaxe [001 : $\bar{2}$21] in Reihen geordnet erscheinen.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$b : o = (010):(\bar{2}21) =$	47° 58′	3	4′	47° 54′ 58″
$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21) =$	61 35	2	1	61 28 28

Krystall Nr. 3, Taf. I, Fig. 7 und 7a. Wasserklar, doch stellenweise schmutzigweiss gefärbt; im Habitus etwa zwischen den beiden vorher beschriebenen Krystallen stehend; Höhe 4 mm, in den übrigen zwei Dimensionen gleichmässig 2,5 mm. Dieser Krystall weist schon mehr Formen auf, da an seiner Combination sich die folgenden zwölf Formen betheiligen:

$a\{100\}\infty P\infty$ $s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty P\infty$ $u\{111\}-P$
$c\{001\}0P$ $h\{441\}-4P$
$f\{310\}\infty P3$ $z\{021\}2P\infty$
$m\{110\}\infty P$ $d\{131\}-3P3$
$o\{\bar{2}21\}2P$ $\Phi\{152\}-\frac{5}{2}P5$.

Diese Formen folgen einander in der Reihe der abnehmenden Grösse: a, c, o, z, m, f, d, h, Φ, u, s. a ist in der bereits angegebenen Richtung reift, wie auch o, die Flächen von c und s sind hingegen rauh, angefen; die übrigen Flächen spiegeln gut.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110) =$	46°31′	5	3′	46°23′11″
$a : f = (100):(310) =$	19 18	3	8	19 17 0
$b : o = (010):(\bar{2}21) =$	47 53	1	—	47 54 58
$b : z = (010):(021) =$	41 24	1	—	41 22 52
$b : \Phi = (010):(152) =$	37 50	2	3	37 54 25
$b : d = (010):(131) =$	36 25	2	3	36 30 2
$b : u = (010):(111) =$	65 41	2	3	65 45 0
$m : f = (110):(310) =$	27 11	2	1	27 6 11
$m : h = (110):(441) =$	16 24	1	—	16 27 49
$m : u = (110):(111) =$	45 18	1	—	45 18 0
$z : o = (021):(\bar{2}21) =$	38 43	1	—	38 54 32
$z : \Phi = (021):(152) =$	9 20	1	—	9 20 22
$z : d = (021):(131) =$	16 0	1	—	15 59 41
$f^3 : o = (\bar{3}10):(\bar{2}21) =$	47 59	1	—	47 46 16
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21) =$	35 38	1	—	35 26 53
$u : o = (111):(\bar{2}21) =$	66 52	1	—	67 3 40
$h : d = (441):(131) =$	22 41	1	—	22 42 4

Krystall Nr. 4, Taf. II, Fig. 8 und 8a. Misst in seiner maximalen Dimension 2,75 mm und ist von dem erwähnten charakteristischen Habitus. Er wird von den folgenden 13 Formen gebildet:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$u\{111\}-P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$h\{441\}-4P$
$c\{001\}0P$	$\pi\{041\}4\breve{P}\infty$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$z\{021\}2\breve{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$	$l\{241\}-4\breve{P}2$
$o\{\bar{2}21\}2P$	$d\{131\}-3\breve{P}3.$
$s\{\bar{1}11\}P$	

Die nach der abnehmenden Grösse geordnete Reihenfolge dieser Formen ist: $b, o, c, d, u, s, h, a, f, m, z, l, \pi$. Die Flächen von c und s sind auch an diesem Krystall rauh, vollkommen matt, o zeigt die charakteristischen Streifungen, wie auch die Oberflächen b und u nicht vollkommen glatt sind; die übrigen spiegeln gut.

	Beobachtet:	Berechnet:
$b : o = (010):(\bar{2}21) =$	47°56′	47°54′58″
$u : d = (111):(131) =$	29 15	29 14 58
$u : h = (111):(441) =$	28 58	28 50 11
$u : o' = (111):(\bar{2}\bar{2}1) =$	99 5	99 15 7
$d : o' = (131):(\bar{2}\bar{2}1) =$	117 34	117 38 59
$d : z = (131):(021) =$	16 2	15 59 41
$d : l = (131):(241) =$	8 0 ca.	8 31 20
$d : m = (131):(110) =$	32 0 ca.	32 7 32

Ich kann noch bemerken, dass die in schmalen Flächen ausgebildete Form $\pi\{041\}$ durch die Zonen [010 : 001] und [100 : 241] bestimmt ist; diese Form ist in der Figur grösser dargestellt.

Krystall Nr. 5, Taf. II, Fig. 9 und 9a. In seiner maximalen Dimension 3 mm messend, durch die folgenden zehn Formen begrenzt:

$a\{100\}\infty \bar{P}\infty$	$u\{111\}-P$
$b\{010\}\infty \breve{P}\infty$	$r\{552\}-\frac{5}{2}P$
$f\{310\}\infty \bar{P}3$	$w\{331\}-3P$
$m\{110\}\infty P$	$h\{441\}-4P$
$o\{\bar{2}21\}2P$	$d\{131\}-3\breve{P}3$.

Ist interessant nicht nur wegen des Fehlens von {001}, sondern auch wegen der Entwickelung der Pyramiden, welch letztere Erscheinung ebenfalls eine specielle Eigenschaft der weissen Diopside von Achmatowsk ist. Die Reihenfolge der Formen nach der abnehmenden Grösse geordnet ist: *b, d, o, u, a, h, w, r, f, m*. Die Flächen von *o* sind in der gewöhnlichen Richtung, *d* hingegen ist parallel zu der Zonenaxe [131 : $\bar{2}$21] gestreift; die Oberflächen von *b* und besonders von *u* sind incrustirt, schliesslich die Flächen von *h* und *w* gestreift parallel zu der Zonenaxe [110 : 001].

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$b : d = (010):(131)$	= 36° 25′	2	8′	36° 30′ 2″
$b : u = (010):(111)$	= 65 51	3	4	65 45 0
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	= 47 33	1	—	47 54 58
$a : f = (100):(310)$	= 19 19	1	—	19 17 0
$u : h = (111):(441)$	= 28 37 ca.	—	—	28 50 11
$u : r = (111):(552)$	= 21 2 ca.	—	—	20 43 30

Die Form $w\{331\}-3P$ wird durch die Zonen [110 : 001] und [100 : 131] bestimmt.

Krystall Nr. 6, Fig. 10 und 10a. Ist fast durchaus wasserklar, bloss an einer Stelle grau, 3 mm hoch und 2 resp. 1 mm dick; begrenzt von nicht weniger als 19 Formen:

$a\{100\}\infty \bar{P}\infty$	$r\{552\}-\frac{5}{2}P$
$b\{010\}\infty \breve{P}\infty$	$w\{331\}-3P$
$c\{001\}0P$	$h\{441\}-4P$
$f\{310\}\infty \bar{P}3$	$z\{021\}2\breve{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$	$l\{241\}-4\breve{P}2$
$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$	$d\{131\}-3\breve{P}3$
$\lambda\{\bar{3}31\}3P$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$
$o\{\bar{2}21\}2P$	*$\mathfrak{B}\{\bar{4}21\}4\bar{P}2$
$s\{\bar{1}11\}P$	*$\mathfrak{W}\{\bar{5}31\}5\bar{P}\frac{5}{3}$.
$u\{111\}-P$	

Von diesen sind die beiden mit * versehenen Formen überhaupt neu an den monosymmetrischen Pyroxenen. Der abnehmenden Grösse nach geordnet sind diese Formen folgende: *b*, *o*, *a*, *c*, *u*, *d*, *m*, *h*, *f*, *l*, *z*, *k*, *r*, *w*, *p*, *s*, λ, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$. Die Oberflächen von *c*, *p*, *k*, *s* sind rauh, wie auch theilweise die von *u*; *o* ist wie angegeben, *l* hingegen in paralleler Richtung zu der Zonenaxe [110 : 021] gestreift. Die neuen Formen bilden schmale Streifen, welche schon durch die Lage bestimmt sind, da $\mathfrak{V}\{\bar{1}21\}$ in den Zonen $[100 : \bar{2}21]$ und $[\bar{1}10 : \bar{1}\bar{1}1]$, $\mathfrak{W}\{\bar{5}31\}$ hingegen in den Zonen $[\bar{3}10 : \bar{2}21]$ und $[\bar{1}10 : \bar{1}\bar{1}1]$ liegt.

		Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m$	= (100):(110) =	46° 26′	14	3′	46° 23′ 11″
$a : f$	= (100):(310) =	19 18	4	3	19 17 0
$a : b$	= (100):(010) =	90 1	6	3	90 0 0
$a : h$	= (100):(441) =	45 21	2	—	45 21 7
$a : l$	= (100):(241) =	62 0 ca.	—	—	61 13 30
$a : r$	= (100):(552) =	46 30	2	1	46 32 30
$a : z$	= (100):(021) =	79 35	4	2	79 37 0
$a' : o$	= $(\bar{1}00):(\bar{2}21)$ =	61 32	4	1	61 28 28
$b : d$	= (010):(131) =	36 34	3	1	36 30 2
$b : u$	= (010):(111) =	65 46	3	—	65 45 0
$b : z$	= (010):(021) =	41 29	3	1	41 22 52
$b : o$	= $(010):(\bar{2}21)$ =	47 54	12	3	47 54 58
$m : h$	= (110):(441) =	16 25	3	6	16 27 49
$m : r$	= (110):(552) =	24 25	3	3	24 34 30
$m : w$	= (110):(331) =	21 11	1	—	21 8 35
$m : u$	= (110):(111) =	45 19	3	3	45 18 0
$m : l$	= (110):(241) =	24 54 ca.	—	—	23 36 12
$m : d$	= (110):(131) =	32 8	4	3	32 7 32
$m : z$	= (110):(021) =	48 6	4	—	48 7 13
$m^3 : o$	= $(\bar{1}10):(\bar{2}21)$ =	35 29	4	2	35 26 53
$m^3 : \lambda$	= $(\bar{1}10):(\bar{3}31)$ =	23 54 ca.	—	—	24 25 0
$m^3 : \mathfrak{V}$	= $(\bar{1}10):(\bar{1}21)$ =	26 59 ca.	—	—	27 55 5
$m^3 : \mathfrak{W}$	= $(\bar{1}10):(\bar{5}31)$ =	20 19 ca.	—	—	21 9 45
$f^3 : o$	= $(\bar{3}10):(\bar{2}21)$ =	47 50	1	—	47 46 16

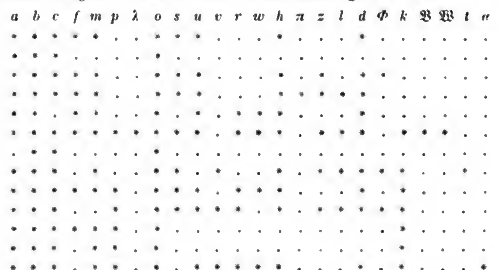
Nach dem Vorhergehenden habe ich daher an den Krystallen des weissen Diopsides von Achmatowsk zusammen die nachstehenden 21 Formen beobachtet:

$a\{100\}\infty P\infty$	$m\{110\}\infty P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$c\{001\}0P$	$\lambda\{\bar{3}31\}3P$
$f\{310\}\infty P3$	$o\{\bar{2}21\}2P$

$s\{\bar{1}11\}\,P$	$l\{241\}-4\not{P}2$
$u\{111\}-P$	$d\{131\}-3\not{P}3$
$r\{552\}-\frac{5}{2}P$	$\Phi\{152\}-\frac{5}{2}\not{P}5$
$w\{331\}-3P$	$k\{\bar{3}12\}\,\frac{3}{2}\not{P}3$
$h\{441\}-4P$	$\mathfrak{B}\{\bar{4}21\}\,4\not{P}2$
$\pi\{041\}\,4\not{P}\infty$	$\mathfrak{W}\{\bar{5}31\}\,5\not{P}\frac{5}{3}$.
$z\{021\}\,2\not{P}\infty$	

Wenn wir zu diesen noch die Formen: $v\{221\}-2P$, $t\{351\}-5\not{P}\frac{5}{3}$ und $\alpha\{312\}-\frac{3}{2}\not{P}3$ fügen, welche an diesen Krystallen durch Kokscharow beobachtet worden sind, so ergeben sich bis jetzt an den Diopsidkrystallen von Achmatowsk zusammen 24 bekannte Formen.

Die Vertheilung dieser Formen in den einzelnen Combinationen ist in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt, wo sich die ersten sechs Daten auf die soeben beschriebenen Krystalle beziehen, die übrigen hingegen nach den Beobachtungen von Kokscharow zusammengestellt sind.



a	*b*	*c*	*f*	*m*	*p*	*λ*	*o*	*s*	*u*	*v*	*r*	*w*	*h*	*π*	*z*	*l*	*d*	*Φ*	*k*	𝔅	𝔚	*t*	*α*
*	*	*	*	*	.	.	*	*	*	.	.	.	*	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
*	*	*	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
*	*	*	*	*	.	.	*	*	*	.	.	.	*	.	*	.	*	*	.	.	.	.	.
*	*	*	*	*	.	.	*	*	*	.	.	.	*	*	*	*	*	.	.	.	.	.	.
*	*	.	*	*	.	.	*	.	*	.	*	*	*	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.	*	*	*	.	*	*	*	.	*	*	*	.	.
.	*	*	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
*	*	*	.	*	.	.	*	*	.	*	.	.	*	.	*	*	*	*	*	.	.	*	.
*	*	*	*	*	*	.	*	*	*	.	*	*	*	.	.	.	*	.	*	.	.	.	.
*	*	*	.	.	*	.	*	*	*	*	*	.	*	.	*	*	*	*	*	.	.	.	.
*	*	*	*	*	*	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.
*	*	*	.	*	*	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.
*	*	*	.	*	*	.	*	.	*	*	*	*	*	.	.	.	*	.	*	.	.	.	*

Diese Krystalle werden daher hauptsächlich durch die Formen *a*, *b*, *c*, *o* charakterisirt, nach welchen in der Häufigkeit die Flächen von *f*, *m*, *s*, *u*, *h*, *d* und *k* folgen; ferner sind noch ziemlich häufig die Formen *p*, *r*, *w*, *z* und *l*, wogegen die übrigen acht mehr als Seltenheiten gelten.

An diesen Krystallen ist noch charakteristisch die rauhe Oberfläche von *c*, *p*, *s* und *k*, wie auch die angegebene, zu der Zonenaxe $[\bar{1}10:001]$ parallele Streifung auf den Flächen von *o*.

Zur Bestimmung der geometrischen Elemente der weissen Diopsidkrystalle von Achmatowsk habe ich die nachstehenden, nach ihrem Gewichte ausgeglichenen drei Grundwerthe gewählt:

	Beobachtet:	*n*	Kr.	$\pm d$
$a:f=(100):(310)$	$=19^{\circ}17'$	9	4	3′
$b:u=(010):(111)$	$=65\ \ 45$	9	4	5
$m:u=(110):(111)$	$=45\ \ 18$	5	3	1

Aus diesen berechnen sich die Elemente wie folgt:

$$a : b : c = 1{,}0909 : 1 : 0{,}5899;$$
$$\beta = 74^0\,10'\,42''.$$

Die an den einzelnen Krystallen gemessenen und entsprechend ausgeglichenen Werthe mit den aus diesen Grundwerthen berechneten zusammengestellt zeigt die nachstehende Tabelle.

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^0 27'$	19	2	3	$46^0 23' 11''$
$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21)$	$= 61\ 37$	4	2	3	61 28 28
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 47\ 53$	18	5	6	47 54 58
$b : z = (010):(021)$	$= 41\ 26$	4	2	3	41 22 52
$b : d = (010):(131)$	$= 36\ 31$	8	4	5	36 30 2
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 33$	5	2	5	35 26 53
$m : h = (110):(441)$	$= 16\ 25$	5	3	1	16 27 49
$d : z = (131):(021)$	$= 16\ 1$	2	2	1	15 59 41
$d : h = (131):(441)$	$= 22\ 40$	2	2	1	22 42 4

Zum Vergleiche gebe ich noch einige gemessene Neigungen von Kokscharow, zusammengestellt mit meinen berechneten und gemessenen Daten.

	Beobachtet Kokscharow:	Berechnet Autor:	Beobachtet Autor:
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 47^0 53' 4''$	$47^0 54' 58''$	$47^0 53'$
- -	47 47 55	-	-
- -	47 53 1	-	-
$m : u = (110):(111)$	$= 45\ 25\ 0$	—	45 18
$a : f = (100):(310)$	$= 19\ 16\ 20$	—	19 17
$m : h = (110):(441)$	$= 16\ 25\ 5$	16 27 49	16 25
$b : d = (010):(131)$	$= 36\ 29\ 0$	36 30 2	36 31

Was die optischen Eigenschaften der weissen Diopsidkrystalle von Achmatowsk anbelangt, so fand ich für die Auslöschung auf einer natürlichen (010)-Fläche die nachstehenden Werthe:

$\mathfrak{c} : c = 38^0 34'$ 8 einzelne Messungen, 36' $\pm d$, Na-Licht,
$\mathfrak{a} : c = 51\ 43$ 8 - - 33 - , Na- -

Den scheinbaren Winkel der optischen Axen habe ich dann an ziemlich gut geschliffenen Präparaten, gemessen in der Luft und Methylenjodid wie folgt gefunden:

$2E_a = 111^0 51'$ 4 einzelne Mess., 7' $\pm$ Diff., Na-Licht, 21,9° C.
$2Mj_a = 56\ 20$ 4 - - 4 - , Na- - , 22,1 -
$2Mj_o = 113\ 59$ 4 - - 2 - , Na- - , 21,5 -

Aus diesen Daten folgt:

$$2V_a = 58^\circ 45', \ Na, \ 21,8^\circ \text{ C.},$$
$$\beta = 1,68861, \ Na, \ 21,9 \text{ -}$$

Der Brechungsexponent des Methylenjodids ist ebenfalls aus diesen Daten berechnet: 1,75474, *Na*, 22° C.; derselbe beträgt direct bestimmt: 1,73976, *Na*, 23,5° C., die Differenz dieser beiden Werthe daher: 0,01498.

3. Grüner Diopsid von Achmatowsk.

1862. 1. N. von Kokscharow, Materialien zur Mineralogie Russlands. St. Petersburg, **4**, 258—385.

1871. 2. G. Tschermak, Ueber Pyroxen und Amphibol. Min. Mitth., Jahrg. 1871, S. 17—46.

1878. 3. C. Dölter, Ueber Diopsid. Tschermak's min. Mitth. Neue Folge, **1**, 49—70. Ref. diese Zeitschr. **4**, 88.

1880—81. 4. G. vom Rath, Lamellare Zwillingsverwachsung des Augit nach der Basis. Diese Zeitschr. **5**, 495—496.

1883—84. 5. G. vom Rath, Neue Flächen am Diopsid. Diese Zeitschr. **8**, 46—47.

6. F. J. Wiik, Ueber das Verhältniss der optischen und chemischen Eigenschaften des Pyroxens. Ebenda, **8**, 208—210.

1884. 7. C. Doelter, Zur Synthese des Pyroxens. Neues Jahrb. für Mineralogie etc., 1884, **2**, 51—66. Ref. diese Zeitschr. **11**, 77.

1885. 8. C. Doelter, Ueber die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung beim Pyroxen. Neues Jahrb. für Mineralogie etc., 1885, **1**, 43—68. Ref. diese Zeitschr. **11**, 624.

Ausser den oben besprochenen weissen Krystallen sind noch grüne Diopside von Achmatowsk bekannt, welche entweder dunkel lauchgrün, graulichgrün oder blassgrün gefärbt, im Allgemeinen eine lichtgrüne oder in's Weisse ziehende grüne Farbe zeigen.

Dieser grüne Diopsid kommt auf den Gängen im Chloritschiefer, in Gesellschaft von Granatkrystallen, Klinochlor und krystallinischem Kalk, selten in diesem letzteren eingewachsen vor. Es finden sich auch auf derbem Quarz aufgewachsene Krystalle, welche ausser durch ihre Farbe noch durch ihre Dimensionen ausgezeichnet sind; so beschreibt Kokscharow einen 11 cm langen und 1 cm breiten Krystall.

C. Dölter (3) analysirte einen lichtgrün gefärbten Diopsid von Achmatowsk, dessen Zusammensetzung er wie folgt angiebt:

	Beobachtet:	Berechnet:
SiO_3	54,45	55,58
CaO	24,89	25,91
MgO	15,65	18,51
FeO	3,81	—
Fe_2O_3	0,55	—
Al_2O_3	0,99	—
	100,34	100,00

Wie ersichtlich, ist der Eisengehalt (FeO) dieses Diopsids schon höher, als es bei den vorangehenden der Fall war; auch der Eisenoxyd- und Thonerdegehalt tritt schon in den Vordergrund.

Die Abbildungen der von mir untersuchten Krystalle zeigen die Figg. 11—13.

Krystall Nr. 1, Taf. II, Fig. 11 und 11a. Einfacher Krystall, von dem diesen Diopsid bezeichnenden prismatischen Habitus mit den nachstehenden sieben Formen:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$m\{110\}\infty P$
$b\{010\}\infty\grave{P}\infty$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$c\{001\}0P$	$o\{\bar{2}21\}2P$.
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	

Die Terminalflächen sind durchweg rauh, zur Messung kaum geeignet; die Flächen der Prismenzone aber sind glatt.

Krystall Nr. 2, Taf. II, Fig. 12 und 12a. Beinahe 2,5 mm lang, in den übrigen Dimensionen 2,3 und 1 mm messend; ausser dem prismatischen Habitus noch etwas nach der Symmetrieebene ausgedehnt erscheinend, weist der Krystall zusammen die folgenden acht Formen auf:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$m\{110\}\infty P$
$b\{010\}\infty\grave{P}\infty$	$^*\mathfrak{N}\{0.11.5\}\frac{11}{5}\grave{P}\infty$
$c\{001\}0P$	$G\{\bar{2}01\}2\bar{P}\infty$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$o\{\bar{2}21\}2P$.

Die als ein scharfer Streifen erscheinende, mit einem * bezeichnete Form $\mathfrak{N}\{0.11.5\}\frac{11}{5}\grave{P}\infty$ ist neu für die monosymmetrischen Pyroxenkrystalle. Die aufgezählten Formen in der Reihe nach der abnehmenden Grösse geordnet sind: *b*, *c*, *G*, *o*, *a*, *m*, *f*, $\mathfrak{N}$. Die Flächen von *c* und *G* sind bedeutend rauh, auch die Oberfläche von *o* ist mangelhaft, hingegen sind die übrigen glatt und glänzend.

	Beobachtet:	*n*	$\pm d$	Berechnet:
$m : f = (110):(310)$	$= 27^0 19'$	2	13′	$27^0\ 6'\ 30''$
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 47\ 24$	2	2	47 33 0
$b : \mathfrak{N} = (010):(0.11.5)$	$= 38\ 32$	1	—	38 22 49

Krystall Nr. 3. In seinem Habitus mit dem vorangehenden Krystalle gleich, 4 mm hoch, in den übrigen Dimensionen 2,5 resp. 1 mm messend. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$m\{110\}\infty P$
$b\{010\}\infty\grave{P}\infty$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$c\{001\}0P$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$u\{111\}-P$.

Geordnet nach abnehmender Grösse: *b*, *c*, *o*, *f*, *m*, *p*, *a*, *u*. Die Flächen

von c und p, auch die von u sind rauh; die Oberfläche von o ist ebenfalls angegriffen und auf ihr eine Streifung parallel der Zonenaxe [$\bar{1}10 : 001$] wahrnehmbar; die übrigen Flächen sind zwar glänzend, aber ausser m besitzt keine eine vollkommen glatte Oberfläche.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$ =	46° 27′	16	4′	46° 24′ 0″
$a : f = (100):(310)$ =	19 18	3	3	19 17 30
$b : o = (010):(\bar{2}21)$ =	47 24	1	—	47 33 0
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$ =	35 12	1	—	35 13 0

Krystall Nr. 4, Taf. II, Fig. 13 und 13a. Ein ausgezeichneter loser Krystall in der Mineraliensammlung des ungarischen Nationalmuseums. In Folge von Einschlüssen besitzt er zwar im Ganzen eine graulichgrüne Farbe, aber durch die Symmetrieebene betrachtet ist er grasgrün. Seine Dimensionen sind 48 mm in der verticalen Richtung, 6 mm Breite auf der Symmetrieebene und 5 mm auf der Fläche a; an einem Ende wird er durch Bruchoberflächen begrenzt; Fig. 13a zeigt denselben in gerader Projection auf eine zu der Prismenzone normale Ebene projicirt, Fig. 13 ist hingegen die gerade Projection desselben auf die Symmetrieebene; beide Figuren sind in den Dimensionen übertrieben; Fig. 13 zeigt die relative Ausbildungsgrösse der einzelnen Flächen.

Er ist ein nach dem gewöhnlichen Augitgesetze, d. h. ein nach der Fläche {100} symmetrischer Zwilling, wobei die beiden Individuen lamellar ineinander und auch aneinander gewachsen sind, wie man dies durch die optische Untersuchung findet. Durch a betrachtet erscheint in bekannter Weise ein scheinbar zweiaxiges Axenbild mit einer zu der Fläche a normalen Mittellinie*), wobei die Interferenzringe an den beiden Axenpunkten der verschiedenen Dicke der Zwillingsindividuen entsprechend auch verschiedenen Durchmesser resp. Anzahl aufweisen.

Die Flächen dieses Krystalles sind jedoch mit Ausnahme der Flächen der Prismenzone derart rauh, dass sie für feinere Messungen nicht taugen. Seine Formen sind übrigens die folgenden:

---

*) Es wurde der Diopsid in optischer Beziehung früher eine Zeit lang in das rhombische System gestellt, bis Ewald zeigte, dass die Diopsidkrystalle vom Zillerthal — die einzigen, welche man anfangs für optische Untersuchungen verwendete — Zwillingskrystalle sind, welche eben hierdurch bedingt die oben geschilderte Erscheinung zeigen. Uebrigens war Ewald derjenige, der den Diopsid in optischer Beziehung zuerst genauer bestimmte. Vergl. Dr. Julius Wilhelm Ewald, De Crystallis duorum axium opticorum dissertatio optica. Inaug.-Dissert. Berlin 1837, und Haidinger in Pogg. Ann. 1855, **96** (172), 469.

$a\{100\}\infty P\infty$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$b\{010\}\infty P\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$f\{310\}\infty P3$	$s\{\bar{1}11\}P$
$m\{110\}\infty P$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}P2$.

Krystall Nr. 5 ist lichtgrün gefärbt und zeigt die folgenden sieben Formen:

$a\{100\}\infty P\infty$	$m\{110\}\infty P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$c\{001\}0P$	$o\{\bar{2}21\}2P$.
$f\{310\}\infty P3$	

Die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge dieser Formen ist: *b*, *c*, *o*, *p*, *a*, *f*, *m*. Die Terminalflächen sind auch an diesem Krystalle sehr rauh, so dass bloss die Flächen von *o* einen gewissen Glanz haben.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46°17'$	11	15'	46°24' 0″
$a : f = (100):(310)$	$= 18\ 58$	6	17	19 17 30
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 48\ 2$	1	—	47 33 0
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 14$	1	—	35 13 0

An dem grünen Diopsid von Achmatowsk habe ich daher im Ganzen die nachstehenden zwölf Formen beobachtet:

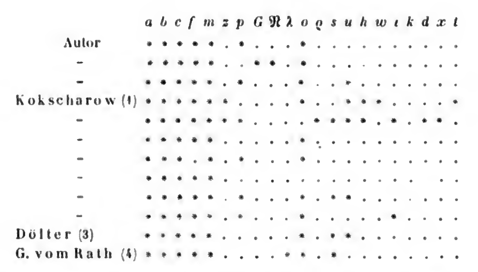
$a\{100\}\infty P\infty$	$G\{\bar{2}01\}2P\infty$
$b\{010\}\infty P\infty$	$\mathfrak{N}\{0.11.5\}\frac{11}{5}P\infty$
$c\{001\}0P$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$f\{310\}\infty P3$	$s\{\bar{1}11\}P$
$m\{110\}\infty P$	$u\{111\}-P$
$p\{\bar{1}01\}P\infty$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}P3$.

Ziehen wir noch die folgenden Formen, welche durch andere Forscher bestimmt worden sind, herbei:

$z\{021\}2P\infty$	$\iota\{\bar{2}11\}2P2$
$\lambda\{\bar{3}31\}3P$	$d\{131\}-3P3$
$\varrho\{\bar{3}32\}\frac{3}{2}P$	$x\{461\}-6P\frac{3}{2}$
$h\{441\}-4P$	$t\{351\}-5P\frac{5}{3}$,
$w\{331\}-3P$	

so ist ersichtlich, dass wir bis jetzt von diesen Krystallen zusammen 21 Formen kennen.

In den einzelnen Combinationen vertheilen sich diese Formen derart, wie es die nachstehende Tabelle zeigt:



	a	b	c	f	m	z	p	G	$\mathfrak{R}$	λ	o	ϱ	s	u	h	w	ι	k	d	x	t
Autor	*	*	*	*	*	.	*	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-	*	*	*	*	*	.	.	*	*	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-	*	*	*	*	*	.	*	.	.	.	*	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.
Kokscharow (1)	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	.	.	*	*	*	.	.	.	.	*
-	*	*	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	*	*	.	*	.	*	*	.
-	*	*	*	*	*	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-	*	*	*	.	*	.	*	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-	*	*	*	*	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.
-	*	*	*	*	*	.	*	.	.	.	*	.	*	*	.	.	.	.	.	.	.
-	*	*	*	*	*	.	*	.	.	.	*	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.
Dölter (3)	*	*	*	*	*	.	.	.	.	.	*	.	*	*	.	.	.	.	.	.	.
G. vom Rath (4)	*	*	*	*	*	.	.	.	.	*	*	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.

Die häufigsten Formen sind daher: *a*, *b*, *c*, *f*, *m* und *o*, was die im Allgemeinen einfachere Ausbildung dieses Diopsids angiebt, denn von den übrigen Formen sind bloss *p*, *u*, *s* diejenigen, welche noch etwas häufiger erscheinen, hingegen die anderen alle Seltenheiten darstellen; ausser der einfachen Combination ist noch der prismatische Habitus bezeichnend für den grünen Diopsid von Achmatowsk. Im Gegensatz zu den glänzenden Flächen der Prismenzone sind schliesslich die häufigen Flächen der terminalen Formen (*c*, *p*, *s*, *o*) fast immer rauh und zeigen angegriffene Oberflächen.

Die Bestimmung der geometrischen Elemente dieser Krystalle wird sehr erschwert durch die rauhe Oberfläche der terminalen Flächen.

Die drei ausgeglichenen Grundwerthe sind die folgenden:

	Beobachtet:	*n*	Kr.	$\pm d$
$a : m = (100):(110)$	$= 46^0 24'$	27	2	5'
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 47\ 33$	3	3	16
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 13$	2	2	1

Die aus diesen berechneten geometrischen Elemente des grünen Diopsids von Achmatowsk sind daher:

$$a : b : c = 1{,}0951 : 1 : 0{,}5985;$$
$$\beta = 73^0\ 31'\ 8''.$$

Die an den einzelnen Krystallen gemessenen und ausgeglichenen Werthe sind die folgenden:

	Beobachtet:	*n*	Kr.	$\pm d$	Berechnet:
$a : f = (100):(310)$	$= 19^0 11'$	9	2	10'	$19^0 17' 30''$
$m : f = (110):(310)$	$= 27\ 19$	2	1	13	$27\ \ 6\ 30$
$b : \mathfrak{R} = (010):(0.11.5)$	$= 38\ 32$	1	1	—	$38\ 22\ 49$

Wir besitzen daher keine genügenden Beobachtungen, mit welchen

die Grundwerthe entsprechend controlirt werden könnten. Zum Vergleich theile ich endlich einige gemessene Neigungen von Kokscharow's mit:

	Beob. Kokscharow:	Beob. Autor:	Ber. Autor:
$a : m = (100):(110) =$	$46^{\circ}25'40'' - 46^{\circ}30'\ 4''$	$46^{\circ}24'$	—
$b : o = (010):(\bar{2}21) =$	$47\ 53\ 20 - 47\ 55\ 40$	$47\ 33$	—
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21) =$	$35^{\circ}20'12''$	$35\ 13$	—
$a : f = (100):(310) =$	$19^{\circ}16'\ 6'' - 19^{\circ}19'26''$	$19\ 11$	$19^{\circ}17'30''$

Von den optischen Eigenschaften des grünen Diopsids von Achmatowsk bestimmte ich zunächst die Auslöschung auf einer natürlichen b-Fläche mit dem nachstehenden Resultat:

$\mathfrak{c} : c = 39^{\circ}53'$, 6 einzelne Messungen $11' \pm d$, Na-Licht
$\mathfrak{a} : c = 49\ 59$, 6 - - 22 - -

An ziemlich guten Präparaten hat sich ferner der scheinbare Winkel der optischen Axen in Luft und in Methylenjodid wie folgt ergeben:

$2E_a = 112^{\circ}\ 6'$, 4 einzelne Messungen $3' \pm$Diff., Na-Licht, $22{,}6^{\circ}$ C.
$2Mj_a = 56\ 43$ 4 - - 2 - - 21,3 -
$2Mj_o = 114\ 4$ 4 - - 3 - - 20,9 -

Aus diesen Daten ergiebt sich:

$$2V_a = 59^{\circ}\ 1',\ Na,\ 21^{\circ}\ \mathrm{C}.$$
$$\beta = 1{,}68409,\ Na,\ 21{,}8^{\circ}\ \mathrm{C}.$$

Der ebenfalls aus diesen Werthen berechnete Brechungsexponent des Methylenjodids beträgt: 1,74690, Na, $21{,}9^{\circ}$ C., direct bestimmt dagegen: 1,73976, Na, $23{,}5^{\circ}$ C., so dass die Differenz dieser Werthe 0,00714 beträgt.

4. Diopsid von Nordmarken.

1852. 1. Sillem, Bericht über eine Sammlung von Pseudomorphosen. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. 1852, S. 513—535.

1871. 2. G. Tschermak, Ueber Pyroxen und Amphibol. Min. Mitth. Jahrg. 1871, S. 17—46.

1876. 3. A. Streng, Ueber Augit- und Adularkrystalle. Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. 1876, S. 178.

1878. 4. C. Dölter, Ueber Diopsid. Tschermak's min. Mitth. Neue Folge, **1**, 49—70. Ausz. diese Zeitschr. **4**, 88.

1880. 5. Hj. Sjögren, Pyroxen von Nordmarken. Geol. Fören. i. Stockholm Förhandl. **4**, No. 13 (No. 55), p. 364—381. Ausz. diese Zeitschr. **4**, 527.

1880—81. 6. J. Lehmann, Diopsid von Nordmarken bei Philipstad in Schweden. Diese Zeitschr. **5**, 532—541.

1883—84. 7. F. J. Wiik, Ueber das Verhältniss der optischen und chemischen Eigenschaften des Pyroxens. Ebenda, **8**, 208—210.

1884. 8. C. Dölter, Zur Synthese des Pyroxens. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. 1884, **2**, 51—66. Ausz. diese Zeitschr. **11**, 77.

1885. 9. C. Doelter, Ueber die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung beim Pyroxen. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. 1885, **1**, 43—68. Ausz. diese Zeitschr. **11**, 624.

10. P. E. W. Öberg, Ueber die specifische Wärme einiger Mineralien. Öfvers. Vet.-Akad. Forh. 1885, No. 8, p. 43. Ausz. diese Zeitschr. **14**, 622—623.

1885—86. 11. G. Flink, Studien über schwedische Pyroxenmineralien. Diese Zeitschr. **11**, 449—530.

1887—88. 12. V. von Zepharovich, Neue Pyroxenfunde in den Salzburger Alpen. Ebenda, **13**, 45—46.

1891. 13. E. A. Wülfing, Beiträge zur Kenntniss der Pyroxenfamilie in chemischer und optischer Beziehung. Habilitationsschrift. Heidelberg, 1891.

Diese Fundstelle sehr schöner Diopside liegt bekanntlich in Wermland (Schweden) und die Krystalle kommen in Eisenerz entweder auf letzterem oder auf körnigem Malakolith aufgewachsen vor. Dieselben sind von ansehnlicher Grösse, von 1—2 cm bis zu 10 cm Länge; die damit associirten Mineralien sind hauptsächlich Calcit, Amphibol, Magnetit, dann und wann Pyrosmalith, ferner gelegentlich Granat, Epidot, Chlorit, Pyrit, Galenit, Sphalerit.

Die grüne Farbe dieser Diopsidkrystalle ist in Bezug auf die Sättigung sehr variabel. Gewöhnlich sind dieselben dunkel gefärbt, so dass sie im reflectirten Licht sammetschwarz erscheinen; von dieser Farbe angefangen sind dunkelgrün, grasgrün, gelbgrün gefärbte, ja sogar vollkommen farblose, wasserklare Krystalle bekannt. In dieser Beziehung stellt Flink (11) in seiner eingehenden Arbeit fünf verschiedene Typen auf, da mit dem Farbenwechsel auch die chemische Zusammensetzung und krystallographischen Eigenschaften dieser Krystalle sich verändern. Die Analysen weisen in der That beträchtliche Unterschiede im Eisenoxydulgehalte auf, wie dies in der nachfolgenden Zusammenstellung ersichtlich ist.

	SiO_2	CaO	MgO	FeO	MnO	Fe_2O_3	Al_2O_3	Summe:
Pyroxen, Nordmarken Sjögren (5)	51,05	22,44	5,92	17,31	0,60	0,95	1,10	99,37
Diopsid, Nordmarken Dölter (4)	50,91	22,93	7,21	17,34	0,21	0,76	0,17	99,53
Diopsid, Nordmarken, Typus Nr. II, Flink (11)	53,03	22,98	13,65	7,34	1,13	0,32	0,75	99,20
Derselbe, Typus Nr. III	54,26	24,82	16,04	3,31	0,45	0,48	0,33	99,69
- Typus Nr. IV	54,09	25,44	17,12	3,36	0,26	0,19	0,28	100,74
- Typus Nr. V	54,59	25,70	17,47	2,49	0,14	0,11	—	100,50
$(SiO_3)_2MgCa$ (berechnet)	55,58	25,91	18,51	—	—	—	—	100,00

Es ist daher eine ganze Reihe von im Eisengehalt verschiedenen Diopsiden hier unter diesen schönen Krystallen vorhanden. Nach Flink sind die dunkel sammetschwarzen, bloss in dünnen Splittern mit dunkelgrüner Farbe durchscheinenden Krystalle des I. Typus die allerhäufigsten; die kleineren, höchstens 1 cm grossen, jedoch schon in dicken Lamellen mit dunkelgrüner

Farbe durchscheinenden Krystalle des Typus Nr. II sind schon selten; die licht grasgrünen Krystalle von Typus III sind noch seltener. Die Krystalle des Typus IV, gewöhnlich an beiden Enden mit Krystallflächen begrenzt, etwas gelbgrün gefärbt, rein und fast durchsichtig, sind im Anfange der 80er Jahre in grösserer Menge gefunden worden; seit dieser Zeit kamen dieselben jedoch nicht mehr vor. Die allerseltensten sind schliesslich unter den sämmtlichen Typen die ganz farblosen, wasserklaren, höchstens ins Gelbgrüne sich neigenden Krystalle von Typus V, welche unter den Diopsiden von Nordmarken schon im Habitus auffallen, da dieselben gewissermassen an die nach der Basis tafelförmigen weissen Diopsidkrystalle von Achmatowsk erinnern.

Ich habe aus dem reichen Materiale des ungarischen Nationalmuseums sehr schöne dunkelgrün-schwarz gefärbte Diopside von Nordmarken untersucht, welche meiner Ansicht nach zu dem Typus I des Herrn Flink gehören, also das eisenreichste Glied darstellen.

Es muss noch bemerkt werden, dass bei der Orientirung der einzelnen Krystalle dieses Vorkommens ohne optische Untersuchung leicht Irrthümer entstehen können, da die Winkelwerthe der weniger gut reflectirenden Flächen die sichere Entscheidung zwischen einer positiven oder negativen Form nicht gestatten. Dementsprechend verificirte ich durch optische Orientirung die Deutung eines jeden speciell untersuchten Krystalles.

Krystall Nr. 1, Taf. III, Fig 14 und 14a. Ungefähr 4 mm lang und 4 resp. 3,5 mm dick; dunkel gefärbt und in seiner Ausbildung und geringen Formenzahl als Vertreter der grossen Krystalle dienend. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty P\infty$	$m\{110\}\infty P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$c\{001\}0P$	$o\{\bar{2}21\}2P$.

Dieselben in der Reihenfolge der abnehmenden Grösse geordnet: a, b, p, c, o, m. In der Prismenzone herrschen die Formen a und b, wodurch die Krystalle einen vierseitigen prismatischen Habitus erhalten; die Form m ist mit so schmalen Flächen vorhanden, dass ich sie in der Figur nicht zur Darstellung brachte. Von den Terminalflächen sind p und c in ungleicher Grösse ausgebildet, in diesem Falle besitzt p die grösseren Flächen; beide Formen sind von rauher Oberfläche, wogegen die übrigen Formen glänzende Flächen aufweisen, obschon tadellos glatt bloss a und m sind.

$$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21) = 61^{\circ}\ 26'.$$

Krystall Nr. 2, Taf. III, Fig. 15 und 15a. Ist ebenfalls ein Vertreter der dunkeln, fast schwarzen Krystalle, und entspricht in seinem Habitus dem vorhergehenden Krystall. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$u\{111\}-P.$
$c\{001\}0P$	

Wie durch Vergleich mit Fig. 14 ersichtlich, sind bei diesem Krystall die Flächen von c die vorherrschenden unter den terminalen; es ist ferner augenscheinlich, dass dieser Habitus bei oberflächlicher Betrachtung als identisch mit dem vorhergehenden angenommen werden kann, da nur die optische Orientirung und zwar das durch die Fläche a erscheinende Axenbild die richtige Deutung liefert. Die Flächen von a sind zwar glänzend, besitzen aber eine dichte Streifung parallel der c-Axe; die Oberflächen von c und p sind angegriffen, rauh.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : c = (100) : (001) =$	74° 35′	2	1′	74° 38′ 59″
$a' : p = (\bar{1}00) : (\bar{1}01) =$	74 18	2	2	74 18 3

An einem zweiten, ganz ähnlichen Krystall kommen feine Streifungen auch auf den Flächen von c und p zum Vorschein, derart, dass die Streifen zu den Kanten $b : c$ resp. $p : b$ parallel angeordnet sind; an diesem eruirte ich die nachstehenden Winkelwerthe:

	Beobachtet:
$a : c = (100) : (001) =$	74° 30′
$a' : p = (\bar{1}00) : (\bar{1}01) =$	74 40
$b : u = (010) : (111) =$	65 58

An einem dritten, ebenfalls ähnlichen Krystalle fand ich hingegen:

$$a : c = (100) : (001) = 74° 28'$$
$$a' : p = (\bar{1}00) : (\bar{1}01) = 74 \quad 36$$

Diese, in den Werthen von $a : c$ und $a' : p$ beobachtete Schwankung findet ihren Grund in der erwähnten mangelhaften Oberflächenbeschaffenheit der Formen c und p.

Krystall Nr. 3, Taf. III. Fig. 16 und 16a. Dieser ist schon ein complicirterer, jedoch in den Hauptzügen seines Habitus mit den vorhergehenden gleicher Krystall von 3 mm Länge und 1 resp. 1,3 mm Dicke, mit den nachstehenden neun Formen:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$s\{111\}P$
$c\{001\}0P$	[illegible]$\{221\}2P$
$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$	$u\{111\}-P.$
$m\{110\}\infty P$	

Die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge dieser Formen ist $a, b, p, c, s,$ [illegible], u, m, χ. Die terminalen Flächen sind durchweg rauh,

ganz besonders aber p, c und s; a ist parallel zu der verticalen Axe gestreift, aber stark glänzend, wie auch die Flächen von b, m und χ.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110) =$	46°30′	20	12′	46°28′ 0″
$a : \chi = (100):(510) =$	11 37	2	14	11 53 16
$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21) =$	61 29	1	—	61 28 0
$a : a' = (100):(\bar{1}00) =$	180 2	1	—	180 0 0
$b : o = (010):(\bar{2}21) =$	48 1	5	4	48 6 27
$b : b' = (010):(0\bar{1}0) =$	179 57	1	—	180 0 0
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21) =$	35 34	2	2	35 36 0
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11) =$	59 0 ca.	—	—	58 47 53
$o : s = (\bar{2}21):(\bar{1}11) =$	23 28 ca.	—	—	23 11 53
$m : c = (110):(001) =$	81 20 ca.	—	—	79 29 40
$m : u = (110):(111) =$	46 0 ca.	—	—	45 40 47

Krystall Nr. 4, Taf. III, Fig. 17 und 17a. Ist lichter gefärbt, als die bisher besprochenen dunkelgrünen Krystalle; übrigens ein Bruchstück, welches in seiner maximalen Dimension 1 mm misst; dem Habitus nach ebenfalls säulenförmig, aber die grösseren Prismenflächen modificiren natürlich den vorher vierseitigen Umriss. Er wird durch die nachstehenden elf Formen gebildet:

$a\{100\}\infty P\infty$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$b\{010\}\infty P\infty$	$e\{011\}P\infty$
$c\{001\}0P$	$z\{021\}2P\infty$
$m\{110\}\infty P$	$s\{\bar{1}11\}P$
$i\{130\}\infty P3$	$u\{111\}-P.$
$^*\mathfrak{M}\{160\}\infty P6$	

Die mit einem * bezeichnete Form $\mathfrak{M}\{160\}\infty P6$ ist neu. In der Reihenfolge der abnehmenden Grösse sind diese Formen: a, c, m, i, p, b, z, u, s, $\mathfrak{M}$, e. Die als äusserst schmale Fläche ausgebildete Form e wird durch die Zonen [010 : 001] und [111 : $\bar{1}$11] bestimmt; in der Figur ist diese Form sehr übertrieben worden. Die Flächen dieses Krystalles sind mit Ausnahme von m, a und i im Allgemeinen rauh; die Flächen von i sind übrigens parallel zu der verticalen Axe fein gestreift. Die Flächen von $\mathfrak{M}$ bilden schliesslich sehr schmale aber glänzende Streifen.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : c = (100):(001) =$	74°38′	2	1′	74°38′59″
$a : u = (100):(111) =$	54 36	1	—	54 22 33
$a' : p = (\bar{1}00):(\bar{1}01) =$	74 29	1	—	74 18 3
$b : \mathfrak{M} = (010):(160) =$	9 41	2 ca.	—	8 59 52
$i : \mathfrak{M} = (130):(160) =$	7 48	2 ca.	—	8 34 29
$b : i = (010):(130) =$	17 34	2	2	17 34 21

	Beobachtet:	n	± d	Berechnet:
$i : m = (130):(110)$	$= 25^\circ 59'$	1	—	$25^\circ 57' 39''$
$a : m = (100):(110)$	$= 46\ 27$	2	$2'$	$46\ 28\ 0$
$b : z = (010):(021)$	$= 41\ 32$	2	1	$41\ 33\ 43$
$c : u = (001):(111)$	$= 33\ 14$	1	—	$33\ 48\ 53$
$c : m = (001):(110)$	$= 79\ 32$	1	—	$79\ 29\ 40$
$z : i = (021):(130)$	$= 39\ 57$	1	—	$39\ 58\ 23$
$u : z = (111):(021)$	$= 31\ 1$	1	—	$30\ 52\ 54$

Krystall Nr. 5. Aehnlich dem Krystall Nr. 3, ist 3,5 mm lang und 2 resp. 1 mm dick, von prismatischem Habitus und dunkelgrün gefärbt. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$ $m\{110\}\infty P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$ $p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$c\{001\}0P$ $s\{\bar{1}11\}P$
$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$ $o\{\bar{2}21\}2P.$

Die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge dieser Formen ist: $b, a, p, c, m, o, s, \chi$. Die terminalen Flächen sind rauh, auch b ist nicht glatt, a hingegen zeigt Streifungen parallel zu der verticalen Axe.

	Beobachtet:	n	± d	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^\circ 28'$	21	$1'$	$46^\circ 28'\ 0''$
$a : \chi = (100):(510)$	$= 11\ 48$	2	9	$11\ 53\ 16$
$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21)$	$= 61\ 28$	2	1	$61\ 28\ 0$
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 35$	4	1	$35\ 36\ 0$
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 48\ 5$	5	1	$48\ 6\ 27$

Krystall Nr. 6. In Habitus und Combination dem Krystalle Nr. 3 ähnlich, 3 mm lang und 1 mm dick, begrenzt durch die folgenden neun Formen:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$ $e\{011\}\breve{P}\infty$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$ $z\{021\}2\breve{P}\infty$
$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$ $s\{\bar{1}11\}P$
$m\{110\}\infty P$ $o\{\bar{2}21\}2P.$
$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$

Dieser Krystall ist in den vorderen oberen Oktanten einseitig ausgebildet, da er dort bloss durch die Flächen $z'(0\bar{2}1)$ und $e(011)$ begrenzt wird; auffallend ist die Abwesenheit der sonst kaum fehlenden Basis; die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge seiner Formen ist übrigens wie folgt: $a, b, e, s, z, p, o, m, \chi$. Die Oberfläche seiner Formen [illegible]m Allgemeinen mehr oder weniger rauh, mit Ausnahme der schmalen [illegible]ler in bekannter Weise gestreiften a.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^\circ 28'$	18	2	$46^\circ 28'\ 0''$
$a : \chi = (100):(510)$	$= 11\ 51$	1	—	11 53 16
$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21)$	$= 61\ 29$	3	1	61 28 0
$a : z = (100):(021)$	$= 79\ 52$	2	—	79 53 6
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 48\ 3$	4	2	48 6 27
$b : z = (010):(021)$	$= 41\ 29$	1	—	41 33 43
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 38$	3	3	35 36 0

Krystall Nr. 7. Ist ungefähr 3 mm lang und 2 resp. 1 mm dick, dem Krystalle Nr. 2 ähnlich. Seine Formen in der Reihenfolge der abnehmenden Grösse geordnet sind:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$ $u\{111\}-P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$ $e\{011\}\breve{P}\infty$
$c\{001\}0P$ $s\{\bar{1}11\}P$.
$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$

Die Oberfläche von a ist parallel der verticalen Axe gestreift, sonst glänzend; die übrigen Formen haben, mit Ausnahme der schmalen e und s, rauhe Flächen.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : c = (100):(001)$	$= 74^\circ 36'$	2	1	$74^\circ 38'\ 59''$
$a : p = (\bar{1}00):(\bar{1}01)$	$= 74\ 20$	2	—	74 18 3
$a : u = (100):(111)$	$= 54\ 20$	1	—	54 22 33
$c : u = (001):(111)$	$= 33\ 46$	1	—	33 48 53

An den untersuchten Diopsidkrystallen von Nordmarken habe ich daher die nachstehenden 13 Formen beobachtet:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$ $p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$ $e\{011\}\breve{P}\infty$
$c\{001\}0P$ $z\{021\}2\breve{P}\infty$
$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$ $s\{\bar{1}11\}P$
$m\{110\}\infty P$ $o\{\bar{2}21\}2P$
$i\{130\}\infty\breve{P}3$ $u\{111\}-P$.
$\mathfrak{M}\{160\}\infty\breve{P}6$

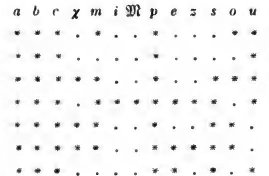
Stellen wir ferner auch die von den übrigen Autoren beschriebenen Formen zusammen, so sind die nachstehenden 26 Formen an den Diopsidkrystallen von Nordmarken beobachtet worden:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$ $f\{310\}\infty\bar{P}3$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$ $m\{110\}\infty P$
$c\{001\}0P$ $i\{130\}\infty\breve{P}3$
$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$ $\Delta\{150\}\infty\breve{P}5$

$\mathfrak{M}\{160\}\infty\not{P}6$ $\quad$ $s\{\bar{1}11\}P$
$L\{170\}\infty\not{P}7$ $\quad$ $\mathfrak{h}\{\bar{2}23\}\frac{2}{3}P$
$z\{021\}2\not{P}\infty$ $\quad$ $\tau\{\bar{1}12\}\frac{1}{2}P$
$e\{011\}\not{P}\infty$ $\quad$ $O\{\bar{1}13\}\frac{1}{3}P$
$X\{015\}\frac{1}{5}\not{P}\infty$ $\quad$ $u\{111\}-P$
$H\{\bar{4}03\}\frac{4}{3}\not{P}\infty$ $\quad$ $T\{117\}-\frac{1}{7}P$
$p\{\bar{1}01\}\not{P}\infty$ $\quad$ $S\{119\}-\frac{1}{9}P$
$F\{201\}-2\not{P}\infty$ $\quad$ $k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\not{P}3$
$o\{\bar{2}21\}2P$ $\quad$ $N\{132\}-\frac{3}{2}\not{P}3$.

Ausser diesen finden wir noch die Formen: $\mu\{121\}-2\not{P}2$ und $\iota\{\bar{2}11\}2\not{P}2$ aufgeführt, und zwar die erstere bei Tschermak (2) und Streng (3), die zweite hingegen bei letzterem Autor. Da aber sonst Niemand diese Formen aufführt und die Vertauschung der vorderen und hinteren Seite die Form μ in o, ι hingegen in u verwandelt, deren Winkelunterschied zu klein ist, um diese Frage bei unseren zu genaueren Messungen so wie so nicht immer tauglichen Krystallen entscheiden zu können, so war ich gezwungen, diese beiden Formen aus der Liste der an den Diopsiden von Nordmarken beobachteten Formen so lange zu streichen, bis deren Existenz auch durch optische Orientirung begründet sein wird.

Stellen wir die beobachteten Combinationen zusammen, so erhalten wir von den im Vorhergehenden beschriebenen Krystallen die nachstehende Tabelle:



a	b	c	χ	m	i	$\mathfrak{M}$	p	e	z	s	o	u
*	*	*	.	*	.	.	*	.	.	.	*	*
*	*	*	.	.	.	.	*	.	.	.	.	*
*	*	*	*	*	.	.	*	.	.	*	*	*
*	*	*	.	*	*	*	*	*	*	*	.	*
*	*	*	*	*	.	.	*	.	.	*	*	.
*	*	*	*	*	.	.	*	*	*	*	*	.
*	*	*	.	.	.	.	*	*	.	*	.	*

Wie ersichtlich, sind die Formen a, b, c und p die häufigsten, zu welchen sich noch m, s, o und u gesellen; weniger häufiger kommen noch χ, e und z vor, schliesslich sind i und $\mathfrak{M}$ bloss Seltenheiten.

Die von anderen Autoren beschriebenen einzelnen Combinationen sind die folgenden:

Dölter (4) $\quad$ $a\ b\ c\ m\ p\ o$
Lehmann (6) $\quad$ $a\ b\ c\ m\ f\ \chi\ i\ z\ p\ u\ s\ o\ k\ N$
Sjögren (5) $\quad$ $a\ b\ c\ m\ f\ i\ e\ z\ p\ u\ \tau\ s\ o\ N\ \mathfrak{h}\ T\ O$
Flink (11) $\quad$ $a\ b\ c\ m\ f\ \chi\ i\ z\ p\ u\ s\ o\ k\ N$ (Typus Nr. 4).

Nach den Angaben von Flink kommen schliesslich an seinen Typen die nachstehenden Formen vor:

Typus Nr. I: *a b c m χ i z p u s o N* 𝔥 *X S Δ O*
- - II: *a b c m f χ p s o k N? H F*
- - III: *a b c m f χ i p s o k*
- - V: *a b c m f z p u s o k N L.*

Die meisten Formen weisen daher die Krystalle des I. Typus auf; *a*, *b*, *c* und *p* sind die häufigsten; nach diesen folgen in der Häufigkeit: *m*, *χ*, *i*, *z*, *u*, *s*, *o*, *N*; auch die Formen 𝔥 und *Δ* sind nicht selten, wogegen die übrigen als selten gelten können. Die von mir beschriebenen Krystalle gehören somit auch ihren Formen nach zum Typus Nr. I des Herrn **Flink**.

Die Krystalle des Typus II zeigen am häufigsten die Formen: *a*, *b*, *c*, *m*, *p*, *s* und *o*; *f*, *χ* und *k* kommen ebenfalls häufig vor, die übrigen Formen selten.

An den Krystallen des Typus III sind: *a*, *b*, *c*, *m*, *s* und *p* die am häufigsten ausgebildeten Formen; auch die übrigen sind nicht allzu selten, speciell die Flächen von *o* nicht.

Die nicht sehr formenreichen Krystalle des **Flink**'schen fünften Typus sind schliesslich durch *a*, *b*, *c*, *m*, *f*, *o*, *k* und *N* charakterisirt, zu welchen die übrigen gar nicht häufig hinzutreten, *z*, *s* und *L* sogar Seltenheiten darstellen.

Für die Bestimmung der geometrischen Elemente der von mir untersuchten Diopsidkrystalle von Nordmarken benutzte ich die nachstehenden drei ausgeglichenen Grundwerthe:

	Beobachtet:	*n*	Kr.	± *d*
$a : m = (100):(110)$	$= 46°28'$	61	4	1'
$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21)$	$= 61\ 28$	7	4	1
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 36$	9	3	2

Diese ergeben:

$$a : b : c = 1,0915 : 1 : 0,5848;$$
$$\beta = 74° 38' 59''.$$

Die an den einzelnen Krystallen gemessenen und ausgeglichenen Werthe, mit den aus diesen Elementen berechneten Neigungen zusammengestellt, zeigt die folgende Tabelle:

	Beobachtet:	*n*	Kr.	± *d*	Berechnet:
$a : \chi = (100):(510)$	$= 11°45'$	5	3	6'	11°53'16''
$a : c = (100):(001)$	$= 74\ 34$	9	5	4	74 38 59
$a : u = (100):(111)$	$= 54\ 28$	2	2	8	54 22 33
$a' : p = (100):(\bar{1}01)$	$= 74\ 27$	8	5	8	74 18 3
$m : u = (110):(111)$	$= 46\ 18$	2	2	1	45 40 47
$m : c = (110):(001)$	$= 79\ 59$	2	2	54	79 29 40

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$	Berechnet:
$b : z = (010):(021)$	$= 41°30'$	3	2	2'	41°33' 43"
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 48\ \ 3$	14	3	2	48 6 27
$u : c = (111):(001)$	$= 33\ 38$	2	2	16	33 48 53

In der nachstehenden Zusammenstellung sind schliesslich einige Daten aus den Beobachtungen von Sjögren (5) und Flink (11) — Typus I — mit den meinigen verglichen.

	Beobachtet Sjögren:	Beobachtet Flink:	Beobachtet Autor:	Berechnet Autor:
$a : m = (100):(110) =$	46°34'	46°18' — 46°28'	46°28'	—
$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21) =$	—	61 17 — 61 41	61 28	—
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21) =$	35 42	35 33 — 35 38	35 36	—
$a : c = (100):(001) =$	73 55	74 32 — 74 48	74 34	74°38' 59"
$a' : p = (\bar{1}00):(\bar{1}01) =$	74 54	74 19 — 74 21	74 27	74 18 3
$m : u = (110):(111) =$	45 23	45° 43'	46 18	45 40 47
$u : c = (111):(001) =$	33 34	33°39' — 33°49	33 38	33 48 53
$b : z = (010):(021) =$	41 20	41 24 — 41 35	41 30	41 33 43
$b : o = (010):(\bar{2}21) =$	—	47 54 — 48 6	48 3	48 6 27

Von den optischen Eigenschaften dieser von mir untersuchten Diopside von Nordmarken ist die Auslöschung auf der Symmetrieebene:

$\mathfrak{c} : c = 45°21'$, 4 einzelne Mess. 33' $\pm d$, *Na*-Licht
$\mathfrak{a} : c = 44\ 31$ 4 - - 20 - -

Der scheinbare Winkel der optischen Axen beträgt in der Luft resp. Methylenjodid:

$2E_a = 120°22'$, 4 einzelne Mess. 14' $\pm$Diff., *Na*-Licht, 21,4° C.
$2Mj_a = 59\ 36$ 4 - - 5 - - 22,3 C.
$2Mj_o = 116\ \ 2$ 4 - - 3 - - 22,1 C.

Aus diesen Daten folgen:

$2V_a = 60°\ 44'$, *Na*, 22,2° C.
$\beta = 1{,}71625$, *Na*, 21,8° C.

Der Brechungsexponent des Methylenjodids ebenfalls aus diesen Daten berechnet beträgt: 1,74581, *Na*, 21,8 C., direct bestimmt hingegen ist er: 1,73976, die Differenz daher: 0,00605.

Zum Vergleich theile ich noch die Daten von Wülfing (13) und Flink (11) mit, mit der Bemerkung, dass Wülfing's Zahlen zum Theil aus indirecten Beobachtungen folgen.

	$\mathfrak{c} : c$	β	$2Va$
Wülfing	44°42', *Na*	1,7057, *Na*	60°28', *Na*
Flink	44 19 — 44°53' gelbes Licht (?)	1,72428, gelb	—
Autor	45 21	1,71625, *Na*,	60°44' -

5. Diopsid vom Schwarzenstein, Zillerthal.

1867. 1. A. Kenngott, Ueber die alkalische Reaction einiger Minerale. Neues Jahrb. für Mineralogie etc., 1867, S. 429—441.
1871. 2. G. Tschermak, Ueber Pyroxen und Amphibol. Min. Mitth. Jahrg. 1871, S. 17—46.
1878. 3. C. Dölter, Ueber Diopsid. Tschermak's min. Mitth. Neue Folge, 1, 49—70.
4. F. von Kobell, Ueber das specifische Gewicht geglühter Silicate und anderer Oxydverbindungen. Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. Jan. 1878. Ausz. diese Zeitschr. 6, 316—317.
1883—84. 5. F. J. Wiik, Ueber das Verhältniss der optischen und chemischen Eigenschaften des Pyroxens. Diese Zeitschr. 8, 208—210.
1885. 6. C. Dölter, Ueber die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung beim Pyroxen. Neues Jahrb. für Mineralogie etc., 1885, I, 43—68. Ref. diese Zeitschr. 11, 624.

Von dieser Tyroler Fundstelle sind zweierlei Diopside bekannt. In früheren Zeiten fand man in dem dortigen Chlorit 5—13 cm lange und ca. 2½ cm breite, schön grüngefärbte Krystalle, welche auch zu Schmucksteinen verwendet worden sind. Die grösseren Krystalle sind an den Enden gewöhnlich mangelhaft ausgebildet und oft mit Chlorit bedeckt*). In neuerer Zeit sind dort dann auch kleine, lichtgefärbte, gut ausgebildete Krystalle gefunden worden, zu welchen sich braune Granatkrystalle gesellen**). Ich untersuchte beide Vorkommnisse des Diopsids vom Zillerthal aus dem Materiale des ungarischen Nationalmuseums.

Was die chemische Zusammensetzung dieser Diopside anbetrifft, so folgen hier die beiden Analysen von Dölter (3), von welchen die eine (a) sich auf den lichten, die andere (b) hingegen auf den dunkelgrünen Diopsid bezieht.

	a.	b.	Berechnet:
SiO_2	54,85	54,24	55,58
CaO	24,99	24,69	25,91
MgO	16,02	16,38	18,51
FeO	3,29	3,09	—
Fe_2O_3	0,15	0,89	—
Al_2O_3	0,25	1,22	—
	99,55	100,50	100,00

A. Die neueren, kleinen, fast farblosen Diopsidkrystalle.

Krystall Nr. 1, Taf. III, Fig. 18 und 18a. Ein kleiner, farbloser Krystall von 1,3 mm Länge und 0,5 mm Dicke; besitzt einen prismatischen Habitus mit den folgenden zehn Formen:

*) V. von Zepharovich, Mineralog. Lex. f. d. K. Oesterreich, 1, 1790—1857. Wien 1859, S. 126. **) Ebenda, 2, 1858—1872. Wien 1873, S. 110.

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$b\{010\}\infty\grave{P}\infty$	$z\{021\}2\grave{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$	$u\{111\}-P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$v\{221\}-2P$
$*\mathfrak{F}\{10.1.0\}\infty\bar{P}10$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3.$

Von diesen ist die mit * bezeichnete eine neue Form der Pyroxenkrystalle; die nach abnehmender Grösse geordnete Reihenfolge dieser Formen ist: *b*, *a*, *u*, *k*, *z*, *p*, *m*, *f*, *v*, $\mathfrak{F}$. Die Oberfläche der einzelnen Formen ist genügend glänzend, wenn auch nicht vollkommen; bloss die Flächen von *k* sind sehr matt.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^\circ 29'$	5	2'	$46^\circ 26'\ 0''$
$a : f = (100):(310)$	= 19 19	2	1	19 18 45
$a : \mathfrak{F} = (100):(10.1.0)$	= 6 18 ca.	2	28	6 0 6
$a : u = (100):(111)$	= 54 3	4	6	54 3 0
$a' : k = (\bar{1}00):(\bar{3}12)$	= 61 54	3	1	61 49 20
$a' : p = (\bar{1}00):(\bar{1}01)$	= 74 50 ca.	1	—	74 26 29
$b : u = (010):(111)$	= 65 47 ca.	1	—	65 45 0
$b : z = (010):(021)$	= 41 25 ca.	1	—	41 25 19
$b : k = (010):(\bar{3}12)$	= 75 33	5	4	75 35 11
$m : u = (110):(111)$	= 45 20	1	—	45 23 43
$m : v = (110):(221)$	= 29 21 ca.	—	—	29 17 38
$m^3 : p = (\bar{1}10):(\bar{1}01)$	= 79 51 ca.	—	—	79 20 49
$m^3 : k = (\bar{1}10):(\bar{3}12)$	= 59 42	1	—	59 36 54

Krystall Nr. 2, Taf. III, Fig. 19 und 19a. Ein wasserklarer, kleiner Krystall, 1 mm lang und 0,5 resp. 0,33 mm dick. Seinem Habitus nach säulenförmig viereckig, wie überhaupt diese Diopsidkrystalle, zeigt er die Formen:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$b\{010\}\infty\grave{P}\infty$	$z\{021\}2\grave{P}\infty$
$c\{001\}0P$	$u\{111\}-P$
$m\{110\}\infty P$	$s\{\bar{1}11\}P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3.$

Also zusammen zehn Formen, welche der abnehmenden Grösse nach geordnet folgende Reihe bilden: *u*, *b*, *a*, *p*, *z*, *k*, *m*, *s*, *c*, *f*. Unter den Endflächen sind bloss die von *u* glänzend, wenn auch mit unvollkommener Oberfläche; die übrigen terminalen Flächen sind rauh, kaum spiegelnd; die Formen der Prismenzone besitzen genügend spiegelnde Flächen.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^0 28'$	7	2	$46^0 26' \; 0''$
$b : u = (010):(111)$	$= 65 \; 47$	5	2	65 45 0
$a' : k = (\bar{1}00):(\bar{3}12)$	$= 62 \; 2$	1	—	61 49 20
$a' : p = (\bar{1}00):(\bar{1}01)$	$= 74 \; 20$	1	—	74 26 29

Die Neigungen von $a' : k$ und $a' : p$ konnte ich bloss mit Anwendung des verkleinernden Fernrohres bestimmen.

Krystall Nr. 3, Taf. III, Fig. 20 und 20a. Wasserklar, 1,25 mm lang und 0,5 resp. 0,75 mm breit, mit den folgenden zehn Formen:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$u\{111\}-P$
$c\{001\}0P$	$v\{221\}-2P$
$m\{110\}\infty P$	$s\{\bar{1}11\}P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$.

In der Reihenfolge der abnehmenden Grösse geordnet: a, b, u, k, c, m, p, f, s, v; auch an diesem Krystalle sind die terminalen Flächen rauh, hauptsächlich aber c und p.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^0 23'$	20	10	$46^0 26' \; 0''$
$a : u = (100):(111)$	$= 53 \; 57$	4	5	54 3 0
$a : f = (100):(310)$	$= 19 \; 0$ ca.	—	—	19 18 45
$a' : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 76 \; 0$ ca.	—	—	76 30 28
$b : k = (010):(\bar{3}12)$	$= 75 \; 40$	1	—	75 35 11
$b : u = (010):(111)$	$= 65 \; 44$	5	2	65 45 0
$m : u = (110):(111)$	$= 45 \; 23$	4	1	45 23 43
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= 59 \; 30$ ca.	—	—	58 47 5

Krystall Nr. 4, Taf. III, Fig. 21 und 21a. Wasserklar, 1,3 mm lang und 0,75 resp. 1 mm breit, von den übrigen abweichend durch Fehlen der Basis. Ueberhaupt werden diese Krystalle im Habitus charakterisirt ausser durch die viereckig prismatische Ausbildung durch ihre spitzen Endigungen. Die Formen dieses Krystalles sind die folgenden:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$z\{021\}2\breve{P}\infty$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$u\{111\}-P$
$\omega\{120\}\infty\breve{P}2$	$s\{\bar{1}11\}P$
$m\{110\}\infty P$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$.
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	

Die nach der abnehmenden Grösse geordnete Reihenfolge dieser neun Formen ist: u, b, a, k, z, m, s, f, ω. Von diesen sind bloss die Oberflächen von m und b glatt, glänzend, die übrigen sind sämmtlich matt. Die Formen f und ω erscheinen bloss als sehr schmale Streifen.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^\circ 28'$	7	$3'$	$46^\circ 26'\ 0''$
$a : f = (100):(310)$	$= 19\ 18$	1	—	$19\ 18\ 45$
$a : \omega = (100):(120)$	$= 65\ 17$ ca.	—	—	$64\ 33\ 53$
$a' : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 76\ 23$ ca.	—	—	$76\ 30\ 28$
$a : u = (100):(111)$	$= 54\ \ 5$	2	—	$54\ \ 3\ \ 0$
$b : u = (010):(111)$	$= 65\ 46$	5	1	$65\ 45\ \ 0$
$b : z = (010):(021)$	$= 41\ 27$	2	1	$41\ 25\ 19$
$b : k = (010):(\bar{3}12)$	$= 75\ 34$	5	2	$75\ 35\ 11$
$m : u' = (110):(1\bar{1}1)$	$= 83\ 56$	1	—	$83\ 51\ 22$
$u : z = (111):(021)$	$= 30\ 49$	1	—	$30\ 57\ 44$

Krystall Nr. 5, Taf. IV, Fig. 22 und 22a. Farblos, etwas wolkig getrübt, 1,25 mm lang und 0,5 resp. 1 mm breit, mit den nachstehenden 14 Formen:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$y\{101\}-\bar{P}\infty$
$c\{001\}0P$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
*$\mathfrak{K}\{140\}\infty\breve{P}4$	$z\{021\}2\breve{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$	$u\{111\}-P$
*$\mathfrak{H}\{750\}\infty\bar{P}\frac{7}{5}$	$v\{221\}-2P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$s\{\bar{1}11\}P.$

Von diesen sind die beiden mit * bezeichneten Formen $\mathfrak{K}\{140\}\infty\breve{P}4$ und $\mathfrak{H}\{750\}\infty\bar{P}\frac{7}{5}$ neu; diese sind sehr schmal, aber glänzend ausgebildet, wegen ihrer Kleinheit habe ich dieselben in der Figur nicht dargestellt. Ebenso ist in einem schmalen Streifen die Form $y\{101\}$ ausgebildet, welche durch die Zonen [100 : 001] und [010 : 111] bestimmt wird; in der Zeichnung ist diese Form übertrieben worden. Die nach der abnehmenden Grösse geordnete Reihenfolge der Formen dieses interessanten Krystalles ist: u, b, a, p, z, c, m, f, s, v, χ, $\mathfrak{K}$, $\mathfrak{H}$, y. Auch hier sind die terminalen Flächen, hauptsächlich aber c, p, s, rauh, matt, hingegen die Flächen der Prismenzone glänzend.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^\circ 19'$	8	$8'$	$46^\circ 26'\ 0''$
$a : f = (100):(310)$	$= 19\ 17$	4	3	$19\ 18\ 45$
$a : \chi = (100):(510)$	$= 12\ 16$ ca.	—	—	$11\ 52\ 28$
$a : \mathfrak{K} = (100):(140)$	$= 76\ 41$ ca.	—	—	$76\ 37\ 26$
$a : \mathfrak{H} = (100):(750)$	$= 37\ 11$ ca.	—	—	$36\ 54\ 17$
$b : u = (010):(111)$	$= 65\ 44$	3	6	$65\ 45\ \ 0$
$b : z = (010):(021)$	$= 41\ 26$	1	—	$41\ 25\ 19$
$m : v = (110):(221)$	$= 29\ 14$ ca.	—	—	$29\ 17\ 38$
$m : u = (110):(111)$	$= 45\ \ 9$	2	18	$45\ 23\ 43$

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$m^3 : z = (\bar{1}10):(021)$	$= 64^0 52'$	2	26'	$65^0 10' 54''$
$u : z = (111):(021)$	$= 31\ 17$	1	—	30 57 44
$p : z = (\bar{1}01):(021)$	$= 55\ 36$ ca.	—	—	55 34 11

Krystall Nr. 6. Wasserklar, 1 mm lang und 0,33 resp. 0,25 mm breit. Seinem Habitus und der Combination nach dem Krystall Nr. 2 ähnlich. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty P\infty$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$b\{010\}\infty P\infty$	$z\{021\}2P\infty$
$c\{001\}0P$	$u\{111\}-P$
$m\{110\}\infty P$	$s\{\bar{1}11\}P$.
$f\{310\}\infty P3$	

Die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge dieser neun Formen ist: *a*, *u*, *b*, *p*, *s*, *z*, *c*, *m*, *f*. Dieser Krystall besitzt im Gegentheil zu den vorhergehenden durchweg glatte, glänzende Flächen. Die Diopsidkrystalle vom Schwarzenstein sind übrigens häufig mit einer weichen Kruste überzogen, welche sich aber meistens durch vorsichtiges Reiben entfernen lässt.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^0 32'$	20	10'	$46^0 26'\ 0''$
$a : f = (100):(310)$	$= 19\ 14$	1	—	19 18 45
$a : u = (100):(111)$	$= 54\ 6$	2	1	54 3 0
$a' : p = (\bar{1}00):(\bar{1}01)$	$= 74\ 25$	2	1	74 26 29
$a' : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 76\ 35$	2	1	76 30 28
$b : u = (010):(111)$	$= 65\ 45$	5	1	65 45 0
$b : s = (010):(\bar{1}11)$	$= 60\ 28$	3	2	60 26 23
$b : z = (010):(021)$	$= 41\ 30$	5	3	41 25 19
$m : u = (110):(111)$	$= 45\ 34$	2	2	45 23 43

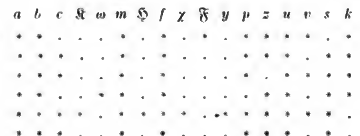
An diesen kleinen, farblosen Diopsidkrystallen vom Zillerthal habe ich daher im Ganzen die folgenden 17 Formen bestimmt:

$a\{100\}\infty P\infty$	$\mathfrak{F}\{10.1.0\}\infty P10$
$b\{010\}\infty P\infty$	$y\{101\}-P\infty$
$c\{001\}0P$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$\mathfrak{K}\{140\}\infty P4$	$z\{021\}2P\infty$
$\omega\{120\}\infty P2$	$u\{111\}-P$
$m\{110\}\infty P$	$v\{221\}-2P$
$\mathfrak{H}\{750\}\infty P\frac{7}{5}$	$s\{\bar{1}11\}P$
$f\{310\}\infty P3$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}P3$.
$\chi\{510\}\infty P5$	

Hier mag abermals hervorgehoben werden, dass ich die untersuchten

Krystalle behufs ihrer Orientirung ebenfalls durch optische Untersuchung verificirte, was durch das Interferenzbild auf der Fläche *a* schnell ausgeführt werden kann.

Die einzelnen Combinationen zusammengestellt giebt die folgende Tabelle:



a	*b*	*c*	𝔎	*ω*	*m*	ℌ	*f*	*χ*	𝔉	*y*	*p*	*z*	*u*	*v*	*s*	*k*
*	*	.	.	.	*	.	*	.	*	.	*	*	*	*	.	*
*	*	*	.	.	*	.	*	.	.	.	*	*	*	.	*	*
*	*	*	.	.	*	.	*	.	.	.	*	.	*	*	*	*
*	*	.	.	*	*	.	*	.	.	.	.	*	*	.	*	*
*	*	*	*	.	*	*	*	*	.	*	*	*	*	*	*	.
*	*	*	.	.	*	.	*	.	.	.	*	*	*	.	*	.

Die am meisten beobachteten Formen sind daher: *a*, *b*, *m*, *f*, *p*, *z*, *u*, *s*, auf welche *c*, *v* und *k* folgen, wogegen die übrigen als Seltenheiten betrachtet werden können. Die Flächen der Prismenzone waren glänzend, aber die Terminalflächen zeigten meistens eigenthümliche Krusten und spiegelten daher nicht genügend gut.

Dölter (3) führt in der Combination des Zillerthaler lichten Diopsids die Formen $a\{100\}\infty P\infty$, $b\{010\}\infty P\infty$, $m\{110\}\infty P$, $s\{\bar{1}11\}P$, $o\{\bar{2}21\}2P$ auf. Ich habe weder die Form $o\{\bar{2}21\}$, noch eine analoge Combination gefunden.

Die geometrischen Elemente dieser Krystalle habe ich aus den folgenden drei ausgeglichenen Grundwerthen bestimmt:

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$
$a : m = (100):(110)$	= 46° 26′	67	6	4′
$b : u = (010):(111)$	= 65 45	23	5	1
$a : u = (100):(111)$	= 54 3	12	4	3

Die Elemente sind daher:

$$a : b : c = 1{,}0922 : 1 : 0{,}5887;$$
$$\beta = 74^\circ\, 16'\, 28''.$$

Die an den einzelnen Krystallen gemessenen und ausgeglichenen Neigungen mit den berechneten zusammen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$	Berechnet:
$a : f = (100):(310)$	= 19° 17′	8	4	2′	19° 18′ 45″
$a' : p = (\bar{1}00):(\bar{1}01)$	= 74 23	3	2	3	74 26 29
$a' : k = (\bar{1}00):(\bar{3}12)$	= 61 57	4	2	4	61 49 20
$b : k = (010):(\bar{3}12)$	= 75 35	11	3	3	75 35 11
$b : z = (010):(021)$	= 41 28	8	3	2	41 25 19
$m : u = (110):(111)$	= 45 22	9	4	7	45 23 43
$u : z = (111):(021)$	= 31 3	2	2	14	30 57 44

Von den optischen Eigenschaften dieser lichten, farblosen Diopsidkrystalle vom Zillerthal kann ich die folgenden mittheilen. Die Auslöschung auf der Symmetrieebene ist:

c : $c = 40^\circ 18'$, 23 Messungen an 5 Krystallen, $1^\circ 6' \pm$ Diff., *Na*-Licht,
a : $c = 49 \quad 8$, 23 - - 5 - 1 2 - *Na* -

Die bedeutenden Schwankungen sind von den durch die Kleinheit der Krystalle bedingten Beobachtungsfehlern verursacht. Derselbe Umstand hinderte auch die Herstellung besserer Präparate, welche auf die erste und zweite Mittellinie normal stünden; es gelang bloss ein Schliff, mit dem ich die scheinbare Neigung der optischen Axen wenigstens an der ersten Mittellinie annähernd angeben kann; dieser ergab:

$2E_a = 114^\circ 32'$, 6 einzelne Messungen, $40' \pm$ Diff., *Na*-Licht,
$2H_a = \ \ 69 \ 53$, 6 - - 20 - *Na*- -

B. Die älteren, grösseren, dunkelgefärbten Diopsidkrystalle.

Die Mineralienabtheilung des ungarischen Nationalmuseums besitzt mehrere sehr schöne Krystalle dieses Vorkommens, von welchen einige auch mit Terminalflächen versehen sind, so dass gelegentlich auch die Combinationen bestimmt werden konnten. Die Beschreibung der einzelnen Krystalle gebe ich in den folgenden Zeilen mit der Bemerkung, dass, da ich an den rauhen Terminalflächen für die Grundwerthe dieser Krystalle die genügende Anzahl von Daten nicht eruiren konnte, die nur behufs Identificirung der Formen gemessenen Neigungen dieser Krystalle mit den berechneten Werthen der Diopsidkrystalle des Ala-Thales verglichen wurden.

Krystall Nr. 1. Loser, dunkler grün gefärbter Krystall von 15 mm Länge und nach Symmetrieaxe von 7, in der darauf normalen Richtung von 3,5 mm Breite. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty \bar{P}\infty$	$w\{331\}-3P$
$b\{010\}\infty \breve{P}\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$c\{001\}0P$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$f\{310\}\infty \bar{P}3$	$\lambda\{\bar{3}31\}3P$
$m\{110\}\infty P$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$.
$u\{111\}-P$	

Die Orientirung habe ich an diesem Krystalle, wie auch an den folgenden, durch optische Untersuchung controlirt. Die Formen nach der abnehmenden Grösse geordnet sind: *a*, *b*, *w*, *c*, *m*, *o*, *λ*, *s*, *u*, *p*, *f*. Die glänzenden Flächen von *a* und *b* sind gestreift parallel der verticalen Axe; *m* und *f* sind glänzend, glatt, die Terminalflächen sind durchweg incrustirt, matt, ausserdem die Flächen von *c*, *s* und *p* parallel der Zonenaxen [*b* : *c*],

d. h. $[b:p]$ gestreift. Die mitgetheilten Winkelwerthe sind bloss annähernde und konnten, mit Ausnahme der zwei ersten, bloss mit Hülfe des verkleinernden Fernrohres bestimmt werden.

		Beobachtet:	Berechnet:
$a : m$	$= (100):(110)$	$= 46^0 17'$ ca.	$46^0 21' 35''$
$a : f$	$= (100):(310)$	$= 18\ 20$ ca.	$19\ 16\ 0$
$m : w$	$= (110):(331)$	$= 19\ 55$ ca.	$21\ 9\ 3$
$c : m$	$= (001):(110)$	$= 80\ 18$ ca.	$79\ 12\ 43$
$c : s$	$= (001):(\bar{1}11)$	$= 42\ 8$ ca.	$42\ 4\ 1$
$m^3 : o$	$= (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 34\ 0$ ca.	$35\ 25\ 49$
$m^3 : \lambda$	$= (\bar{1}10):(\bar{3}31)$	$= 26\ 20$ ca..	$24\ 24\ 31$

Krystall Nr. 2. Ein Bruchstück, an dessen erhaltener Ecke die Formen von a, b, m, f und o bestimmt werden konnten.

		Beobachtet:	Berechnet:
$a : m$	$= (100):(110)$	$= 46^0 25'$	$46^0 21' 35''$
$a : f$	$= (100):(310)$	$= 19\ 19$	$19\ 16\ 0$
$m^3 : o$	$= (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 34\ 39$ ca.	$35\ 25\ 49$
$a' : o$	$= (\bar{1}00):(\bar{2}21)$	$= 61\ 30$ ca.	$61\ 24\ 45$
$b : o$	$= (010):(\bar{2}21)$	$= 47\ 18$ ca.	$47\ 57\ 45$

Krystall Nr. 3. Ebenfalls ein Bruchstück, an welchem ich die Formen von a, b, m, i, o, s, u beobachtete.

		Beobachtet:	Berechnet:
$a : m$	$= (100):(110)$	$= 46^0 26'$	$46^0 21' 35''$
$a : i$	$= (100):(130)$	$= 72\ 27$	$72\ 21\ 57$
$m^3 : o$	$= (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 45$ ca.	$35\ 25\ 49$

Krystall Nr. 4. Ein loses, grosses Individuum von dunkelgrüner Farbe mit den folgenden Formen:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$u\{111\}-P$
$m\{110\}\infty P$	$v\{221\}-2P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$\lambda\{\bar{3}31\}3P(?)$.

Die Terminalflächen sind sehr rauh und $u\{111\}$ ist noch parallel der Zonenaxe von $[010:111]$ linirt. Wegen einseitig grosser Ausbildung einzelner Formen, so hauptsächlich durch die Grösse der Fläche (221), bildet die Endigung eigenthümlich asymmetrisch erscheinende Flächengruppen.

		Beobachtet:	Berechnet:
$u : v$	$= (111):(221)$	$= 15^0 12'$ ca.	$16^0\ 5'\ 33''$
$a : \chi$	$= (100):(510)$	$= 11\ 18$ ca.	$11\ 50\ 41$
$a : f$	$= (100):(310)$	$= 19\ 1$ ca.	$19\ 16\ 0$

Krystall Nr. 5. Dunkler grün gefärbter, loser Krystall, 4 mm lang und 0,75 resp. 0,25 mm breit. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$v\{221\}-2P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$m\{110\}\infty P$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$i\{130\}\infty\breve{P}3$	$\nu\{\bar{3}11\}3\bar{P}3.$
$u\{111\}-P$	

Diese Formen sind derart von ungleicher Grösse ausgebildet, dass die Endigung des Krystalles bloss durch die Flächen von (221), (111), ($\bar{1}$11), ($\bar{2}$21) und ($\bar{3}$11) gebildet wird, welche letztere durch die Zonen [110 : $\bar{2}$21] und [100 : 111] bestimmt wird.

	Beobachtet:	Berechnet:
$a : m = (100) : (110)$	$= 46^{0}24'$	$46^{0}21'35''$
$m : i = (110) : (130)$	$= 26\ 14$ ca.	$26\ \ 0\ 22$
$m^{3} : o = (\bar{1}10) : (\bar{2}21)$	$= 36\ 27$ ca.	$35\ 25\ 49$
$m^{3} : s = (\bar{1}10) : (\bar{1}11)$	$= 59\ \ 0$ ca.	$58\ 43\ 46$

Krystall Nr. 6. Lichter grün gefärbter, langer Krystall, Zwilling nach {100}. Terminalflächen fehlen, aber unter den glänzenden Prismenflächen konnte ich auch $\Delta\{150\}\infty\breve{P}5$ beobachten.

	Beobachtet:	Berechnet:
$a : m = (100) : (110)$	$= 46^{0}22'$ ca.	$46^{0}21'35''$
$a : f = (100) : (310)$	$= 19\ \ 9$ ca.	$19\ 16\ \ 0$
$a : \Delta = (100) : (150)$	$= 79\ 34$ ca.	$79\ 12\ \ 7$

An diesen Krystallen habe ich daher zusammen die nachstehenden 16 Formen beobachtet:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$\lambda\{\bar{3}31\}3P$
$c\{001\}0P$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$	$s\{\bar{1}11\}P$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$w\{331\}-3P$
$m\{110\}\infty P$	$v\{221\}-2P$
$i\{130\}\infty\breve{P}3$	$u\{111\}-P$
$\Delta\{150\}\infty\breve{P}5$	$\nu\{\bar{3}11\}3\bar{P}3.$

Die einzelnen Combinationen können durch die folgenden drei charakterisirt werden:

a	b	c	χ	f	m	i	p	λ	o	s	w	v	u	ν
•	•	•	.	•	•	.	•	•	•	•	•	.	•	.
•	•	.	•	•	•	.	.	•	.	.	.	•	•	.
•	•	.	.	.	•	•	.	.	•	•	.	•	•	•

An Formen sind daher diese Krystalle nicht arm, aber für goniometrische

Untersuchungen sind sie wegen den gewöhnlich sehr rauhen Oberflächen der terminalen Formen fast ganz untauglich.

In optischer Hinsicht habe ich an guten Präparaten die folgenden Daten ermittelt. Die Auslöschung auf der Symmetrieebene, mit einem natürlichen Zwillingskrystalle bestimmt, ist:

$$\mathfrak{c} : c = 39^0\ 4',\ 6 \text{ einzelne Mess.},\ 8' \pm \text{Diff.},\ Na\text{-Licht.}$$

Der scheinbare Winkel der optischen Axen in Luft resp. in Methylenjodid gemessen ist:

$2E_a = 111^0 26'$,	4 einzelne Mess.	$11' \pm$ Diff.,	*Na*-Licht,	$19,6^0$ C.
$2Mj_a = 56\ 39$	4 - -	2 - -		20,0 C.
$2Mj_o = 114\ 12$	4 - -	3 - -		20,1 C.

Aus diesen Daten folgt:

$$2V_a = 58^0\ 56',\ Na\text{-Licht},\ 20,0^0\ C.$$
$$\beta = 1,67946,\ Na\text{-Licht},\ 19,8^0\ C.$$

Der Brechungsexponent des Methylenjodids aus obigen Zahlen berechnet: 1,74143, *Na*, 19,8° C., direct bestimmt: 1,73976, *Na*, 23,5° C., die Differenz daher: 0,00167.

6. Augit von dem Aranyer Berge.

Von diesem, wegen seiner vielen interessanten Mineralien berühmten Berge beschrieb zuerst G. vom Rath die sehr kleinen, harz-, gelb-, bräunlich- oder röthlich gefärbten Augitkrystalle*); in den letzten Jahren hat dann Herr Krenner noch kleine, schwarz gefärbte Augite entdeckt, welche im Vergleich mit den gelben Kryställchen hier Seltenheiten sind. Dank der Gefälligkeit des Herrn Dr. J. Krenner konnte ich an dem durch ihn selbst gesammelten Material sowohl die gelben, als auch die schwarzen Krystalle genauer untersuchen.

A. Gelbe Augitkrystalle.

Krystall Nr. 1, Taf. IV, Fig. 23 und 23a. Kaum 0,75 mm lang und im Durchschnitt 0,5 mm dick, mit den folgenden sieben Formen:

$a\{100\}\infty P\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$c\{001\}0P$	$z\{021\}2P\infty$.
$m\{110\}\infty P$	

*) A. Koch, Kritische Uebersicht der Mineralien Siebenbürgens. Orv. term. tud. Ért. 1884 und 1885. S. auch diese Zeitschr. **10**, 96 und die folgenden Jahrgänge.

Die Flächen dieser Formen sind durchweg glänzend, hauptsächlich aber spiegeln die Flächen von *o* gut; die Kleinheit jedoch der einzelnen Flächen forderte eine besondere Sorgfalt, um so mehr da ich sowohl an diesem Krystall wie auch an den übrigen gewisse Störungen in den Zonen wahrnehmen konnte. Die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge der aufgeführten Formen ist: *o*, *m*, *b*, *a*, *c*, *z*, *s*.

	Beobachtet:	n	±d	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	= 46° 39′	11	15′	46° 30′ 0″
$a : c = (100):(001)$	= 74 5	1	—	74 19 38
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	= 48 6	1	—	47 51 2
$b : z = (010):(021)$	= 40 59	5	11	41 15 58
$m : z = (110):(021)$	= 48 12	3	24	48 5 47
$m : c = (110):(001)$	= 80 3	2	48	79 17 0
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	= 58 8	2	48	58 36 24
$s : c = (\bar{1}11):(001)$	= 42 5	1	—	42 6 36

Krystall Nr. 2, Taf. IV, Fig. 24 und 24a. Ungefähr 0,75 mm lang und 0,5 mm dick; Combination:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$c\{001\}0P$	$z\{021\}2\breve{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$.

Alle diese Formen sind mit glänzenden Flächen ausgebildet, welche der abnehmenden Grösse nach geordnet folgende Reihe bilden: *c*, *a*, *m*, *p*, *b*, *s*, *o*, *z*. Der Habitus ist kurz prismatisch, wogegen der vorangehende Krystall mehr in der Richtung der Zonenaxe [*b* : *o*] verlängert war.

	Beobachtet:	n	±d	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	= 46° 30′	10	9′	46° 30′ 0″
$a : c = (100):(001)$	= 74 9	1	—	74 19 38
$a' : p = (\bar{1}00):(\bar{1}01)$	= 74 34	1	—	74 18 8
$b : s = (010):(\bar{1}11)$	= 61 2	1	—	60 19 40
$b : z = (010):(021)$	= 41 52	2	14	41 15 58
$m : c = (110):(001)$	= 79 31	2	11	79 17 0
$c : p = (001):(\bar{1}01)$	= 31 17	1	—	31 22 14
$c : s = (001):(\bar{1}11)$	= 42 3	1	—	42 6 36
$c : o = (001):(\bar{2}21)$	= 65 7	1	—	65 22 0
$s : p = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	= 29 33	1	—	29 40 20

Krystall Nr. 3, Taf. IV, Fig. 25 und 25a. Etwas grösser als die vorangehenden Krystalle, nämlich 1 mm lang und ca. 0,5 mm dick; dem Habitus nach prismatisch mit den folgenden acht glänzenden Formen:

$a\{100\}\infty \bar{P}\infty$ $u\{111\}-P$
$b\{010\}\infty \breve{P}\infty$ $s\{\bar{1}11\}P$
$c\{001\}0P$ $o\{\bar{2}21\}2P$
$m\{110\}\infty P$ $z\{021\}2\breve{P}\infty$.

Die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge dieser Formen ist: *m, c, a, b, z, s, o, u.*

		Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m$	$= (100):(110)$	$= 46°28'$	11	9'	46°30' 0"
$a : c$	$= (100):(001)$	$= 74\ 10$	1	—	74 19 38
$b : z$	$= (010):(021)$	$= 41\ 21$	5	3	41 15 58
$m : u$	$= (110):(111)$	$= 45\ 20$	4	14	45 19 32
$m : s$	$= (110):(\bar{1}11)$	$= 77\ 57$	1	—	78 37 22
$m : z$	$= (110):(021)$	$= 48\ 13$	1	—	48 5 47
$m : c$	$= (110):(001)$	$= 79\ 3$	3	3	79 17 0
$m^3 : o$	$= (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 25$	4	6	35 21 0
$m^3 : s$	$= (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= 59\ 43$	3	18	58 36 24

K r y s t a l l Nr. 4, Taf. IV, Fig. 26 und 26 a. Ein hübscher Zwilling nach {100}, 1 mm lang und durchschnittlich 0,5 mm breit; seine Formen sind:

$a\{100\}\infty \bar{P}\infty$ $s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty \breve{P}\infty$ $\varepsilon\{\bar{1}21\}2\breve{P}2$
$c\{001\}0P$ $z\{021\}2\breve{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$ $p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$.
$u\{111\}-P$

Die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge dieser Formen ist: *m, c, z, ε, s, a, b, u, p.* Die Flächen sind zwar glänzend, aber wegen ihrer Kleinheit und theilweise mangelhaften Ausbildung ist ihre Spiegelung doch nicht tadellos. In den folgenden Tabellen theile ich separat die an den einzelnen Individuen erzielten Neigungen wie auch die Zwillingswinkel mit.

I.

		Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m$	$= (100):(110)$	$= 46°37'$	4	6'	46°30' 0"
$a : c$	$= (100):(001)$	$= 74\ 14$	1	—	74 19 38
$a : p$	$= (100):(\bar{1}01)$	$= 105\ 15$	1	—	105 41 52
$a : z$	$= (100):(021)$	$= 79\ 41$	3	20	79 44 12
$a : s$	$= (100):(\bar{1}11)$	$= 103\ 21$	1	—	103 35 48
$a : \varepsilon$	$= (100):(\bar{1}21)$	$= 100\ 9$	2	6	100 16 49
$b : s$	$= (010):(\bar{1}11)$	$= 60\ 35$	3	5	60 49 40
$b : \varepsilon$	$= (010):(\bar{1}21)$	$= 41\ 17$	2	8	41 16 10
$m : z$	$= (110):(021)$	$= 47\ 51$	2	3	48 5 47

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$m : u = (110):(111) =$	45° 20′	1	—	45° 19′ 32″
$m : c = (110):(001) =$	79 9	2	3′	79 17 0
$m : s = (110):(\bar{1}11) =$	78 46	1	—	78 37 22
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11) =$	59 21	2	24	58 36 24

II.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110) =$	46° 27′	5	16′	46° 30′ 0″
$a : z = (100):(021) =$	79 19	1	—	79 44 12
$a : s = (100):(\bar{1}11) =$	102 55	1	—	103 35 48

Zwillingswinkel.

	Beobachtet:	Berechnet:
$a : p' =$	74° 27′	74° 18′ 8″
$z : z' =$	20 54	20 31 36
$s : s' =$	26 43	27 11 36

Krystall Nr. 5. In seinem Habitus dem Krystall Nr. 1 ähnlich, licht gelb gefärbt, 0,75 mm lang und im Durchschnitt 0,5 mm dick. Seine Formen sind:

$a\{100\}\infty P\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$z\{021\}2P\infty$
$c\{001\}0P$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$m\{110\}\infty P$	$G\{\bar{2}01\}2P\infty.$
$s\{\bar{1}11\}P$	

In der Reihenfolge der abnehmenden Grösse geordnet: *o*, *s*, *m*, *a*, *b*, *z*, *c*, *p*, *G*. Die Form *G*, welche als ein sehr schmaler Streifen erscheint, wird durch die Zonen [100 : 001] und [010 : 21] bestimmt.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110) =$	46° 23′	8	8′	46° 30′ 0″
$a : c = (100):(001) =$	74 18	1	—	74 19 38
$a : z = (100):(021) =$	80 6	1	—	79 44 12
$a' : o = (\bar{1}00):(\bar{2}21) =$	61 32	2	5	61 27 43
$b : o = (010):(\bar{2}21) =$	48 1	3	9	47 51 2
$b : z = (010):(021) =$	41 14	2	9	41 15 58
$m : c = (110):(001) =$	79 35	3	8	79 17 0
$m : s = (110):(\bar{1}11) =$	79 14	2	5	78 37 22
$m : z = (110):(021) =$	48 48	2	5	48 5 47
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21) =$	35 13	3	13	35 21 0
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11) =$	58 27	3	13	58 36 24
$o : c = (\bar{2}21):(001) =$	65 9	2	1	65 22 0
$o : s = (\bar{2}21):(\bar{1}11) =$	23 14	2	30	23 15 24
$o : z = (\bar{2}21):(021) =$	38 25	1	—	38 48 5
$s : z = (\bar{1}11):(021) =$	30 26	1	—	30 31 35

Krystall Nr. 6. Ein kleines Bruchstück, an welchem ich die folgenden Neigungen bestimmte:

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46°26'$	8	15'	46°30' 0"
$b : z = (010):(021)$	$= 41\ 15$	5	23	41 15 58

An den gelben Augitkrystallen des Aranyer Berges habe ich daher die folgenden elf Formen bestimmt:

$a\{100\}\infty P\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$\varepsilon\{\bar{1}21\}2P2$
$c\{001\}0P$	$z\{021\}2P\infty$
$m\{110\}\infty P$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$u\{111\}-P$	$G\{\bar{2}01\}2P\infty$.
$s\{\bar{1}11\}P$	

Diese Formen betheiligen sich nun folgendermassen an den einzelnen Combinationen:

a	b	c	m	u	s	o	ε	z	p	G
*	*	*	*	.	*	*	.	*	.	.
*	*	*	*	.	*	*	.	*	*	.
*	*	*	*	*	*	*	.	*	.	.
*	*	*	*	*	*	.	*	*	*	.
*	*	*	*	.	*	*	.	*	*	*

Wie ersichtlich, sind die häufigen Formen dieser Krystalle: a, b, c, m, s, o und z.

Zur Bestimmung der geometrischen Elemente wählte ich die folgenden drei ausgeglichenen Grundwerthe:

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$
$a : m = (100):(110)$	$= 46°30'$	47	6	5'
$m : c = (110):(001)$	$= 79\ 17$	12	5	20
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 21$	7	2	6

Aus diesen berechnet folgen die Elemente:

$$a : b : c = 1,0945 : 1 : : 0,5918;$$
$$\beta = 74°\ 19'\ 38''.$$

Die an den einzelnen Krystallen gemessenen und ausgeglichenen Winkelwerthe sind in der nachstehenden Tabelle mit den aus obigen Elementen berechneten zusammengestellt.

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$	Berechnet:
$a : c = (100):(001)$	$= 74°12'$	5	5	4'	74°19' 38"
$a' : p = (\bar{1}00):(\bar{1}01)$	$= 74\ 39$	2	2	6	74 18 8
$b : z = (010):(021)$	$= 41\ 14$	19	5	12	41 15 58
$b : s = (010):(\bar{1}11)$	$= 60\ 42$	4	2	14	60 19 40

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$	Berechnet:
$b : o = (010):(\bar{2}21)$	$= 48^0\ 3'$	4	2	3'	$47^0 51'\ 2''$
$m : u = (110):(111)$	$= 45\ 20$	5	2	—	45 19 32
$m : z = (110):(021)$	$= 48\ 11$	8	4	15	48 5 47
$m : s = (110):(\bar{1}11)$	$= 78\ 48$	4	3	26	78 37 22
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= 59\ 4$	10	4	37	58 36 24
$o : c = (\bar{2}21):(001)$	$= 65\ 8$	3	2	1	65 22 0
$o : s = (\bar{2}21):(\bar{1}11)$	$= 23\ 11$	3	2	5	23 15 24

B. Schwarze Augitkrystalle.

Von diesen, gegenüber den gelben viel selteneren, Augiten habe ich zwei Krystalle untersucht.

Krystall Nr. 1, Taf. IV, Fig. 27 und 27a. Dieses kurzsäulenförmige Kryställchen misst nicht einmal in seiner maximalen Dimension 1 mm, ist aber an Formen reich, da ich an demselben die nachstehenden 15 Formen fand:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$^*\mathfrak{G}\{710\}\infty\bar{P}7$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$e\{011\}\breve{P}\infty$
$g\{210\}\infty\bar{P}2$	$d\{131\}-3\breve{P}3$
$m\{110\}\infty P$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$
$v\{221\}-2P$	$^*\mathfrak{S}\{\bar{4}14\}\bar{P}4.$
$u\{111\}-P$	

Von diesen sind die zwei mit Sternchen bezeichneten neu. Goldschmidt führt zwar in seinem Index eine Form auf, welche dieser $\mathfrak{S}\{\bar{4}14\}$ entspricht, aber ich fand in der mir zugänglichen Literatur den Autor dieser Form nicht. Die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge dieser Formen ist: s, m, b, a, f, u, o, p, e, d, g, k, $\mathfrak{G}$, v und $\mathfrak{S}$. Die Flächen sind glänzend, aber ihre Lage ist im Allgemeinen gestört, was ich schon an den gelben Krystallen beobachten konnte.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^0 19'$	11	9'	$46^0 23'\ 0''$
$a : g = (100):(210)$	$= 27\ 36$	3	6	27 41 17
$a : f = (100):(310)$	$= 19\ 11$	3	6	19 16 53
$a : \mathfrak{G} = (100):(710)$	$= 8\ 32$ ca.	—	—	8 31 36
$a : e = (100):(011)$	$= 76\ 25$	1	—	76 11 4
$a : u = (100):(111)$	$= 54\ 7$	1	—	53 55 25
$a' : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 76\ 37$	1	—	76 40 49
$b : s = (010):(\bar{1}11)$	$= 60\ 27$	3	7	60 28 0
$b : \mathfrak{S} = (010):(\bar{4}14)$	$= 82\ 15$ ca.	—	—	81 56 19

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$m : u = (110):(111)$	$= 45^0 50'$	1	—	$45^0 21' 45''$
$m : s = (110):(\bar{1}11)$	$= 78\ 37$	3	$8'$	78 35 0
$m : v = (110):(221)$	$= 29\ 25$ ca.	—	—	29 17 52
$m : d = (110):(131)$	$= 32\ 20$ ca.	—	—	32 8 54
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 31$	1	—	35 35 59
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= 58\ 54$	2	6	58 56 58
$m^3 : k' = (\bar{1}10):(\bar{3}\bar{1}2)$	$= 81\ 58$	1	—	81 43 43
$f^3 : s = (\bar{3}10):(\bar{1}11)$	$= 67\ 40$ ca.	—	—	67 39 7

Krystall Nr. 2. Entspricht in Habitus und Grösse dem vorangehenden, weist aber eine geringere Anzahl von Formen auf, da er von den folgenden 13 begrenzt wird:

$a\{100\}\infty P\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$b\{010\}\infty P\infty$	$p\{\bar{1}01\}P\infty$
$f\{310\}\infty P3$	$e\{011\}P\infty$
$m\{110\}\infty P$	$z\{021\}2P\infty$
$v\{231\}-2P$	$d\{131\}-3P3$
$u\{111\}-P$	$\mathfrak{S}\{\bar{4}14\}P4.$
$s\{\bar{1}11\}P$	

Die der abnehmenden Grösse nach geordnete Reihenfolge dieser Formen ist: b, m, a, s, u, e, p, d, z, f, v, $\mathfrak{S}$ und o.

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$= 46^0 25'$	20	$8'$	$46^0 23' 0''$
$a : f = (100):(310)$	$= 19\ 10$	4	5	19 16 53
$a : e = (100):(011)$	$= 76\ 17$	4	8	76 11 4
$a : u = (100):(111)$	$= 54\ 0$	4	8	53 55 25
$a' : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 76\ 43$	4	8	76 40 49
$b : s = (010):(\bar{1}11)$	$= 60\ 29$	8	2	60 28 0
$b : \mathfrak{S} = (010):(\bar{4}14)$	$= 82\ 30$ ca.	—	—	81 56 19
$b : u = (010):(111)$	$= 65\ 46$	4	6	65 49 55
$b : d = (010):(131)$	$= 36\ 10$	1	—	36 36 19
$b : e = (010):(011)$	$= 60\ 30$	4	7	60 32 7
$b : z = (010):(021)$	$= 41\ 10$ ca.	—	—	41 30 34
$m : d = (110):(131)$	$= 31\ 40$ ca.	—	—	32 8 54
$m : z = (110):(021)$	$= 48\ 5$ ca.	—	—	48 7 22
$m : s = (110):(\bar{1}11)$	$= 78\ 32$	4	2	78 35 0
$m : u = (110):(111)$	$= 45\ 20$	2	1	45 21 45
$m : v = (110):(221)$	$= 30\ 0$ ca.	—	—	29 17 52
$m^3 : o = (\bar{1}10):(\bar{2}21)$	$= 35\ 40$ ca.	—	—	35 35 59
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= 59\ 4$	2	4	58 56 58

An den schwarzen Augitkrystallen des Aranyer Berges habe ich daher im Ganzen die nachstehenden 16 Formen beobachtet:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$s\{\bar{1}11\}P$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$o\{\bar{2}21\}2P$
$\mathfrak{G}\{710\}\infty\bar{P}7$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$e\{011\}\breve{P}\infty$
$g\{210\}\infty\bar{P}2$	$z\{021\}2\breve{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$	$d\{131\}-3\breve{P}3$
$v\{221\}-2P$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$
$u\{111\}-P$	$\mathfrak{S}\{\bar{4}14\}\bar{P}4.$

Die Krystalle sind sehr formenreich, und ihre Combination ist auch nicht die gewöhnliche, wie letzteres von den rothgelb-rothbraunen Augiten des Aranyer Berges durch G. vom Rath*) behauptet wurde.

Was die geometrischen Elemente dieser schwarzen Augitkrystalle anbetrifft, so sind die ausgeglichenen drei Grundwerthe die folgenden:

	Beobachtet:	n	Kr.	$\pm d$
$a : m = (100):(110)$	$= 46^0 23'$	31	2	3'
$b : s = (010):(\bar{1}11)$	$= 60\ 28$	11	2	1
$m : s = (110):(\bar{1}11)$	$= 78\ 35$	7	2	3

Aus diesen folgen die Elemente:

$$a : b : c = 1{,}0913 : 1 : 0{,}5875;$$
$$\beta = 74^0\ 4'\ 53''.$$

Die an den beiden Krystallen gemessenen und ausgeglichenen Werthe sind schliesslich mit den aus obigen Elementen berechneten in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Beobachtet:	n	$\pm d$	Berechnet:
$a : f = (100):(310)$	$= 19^0 10'$	7	1'	$19^0 16' 53''$
$a : e = (100):(011)$	$= 76\ 20$	5	4	76 11 4
$a : u = (100):(111)$	$= 54\ \ 2$	5	4	53 55 25
$a' : s = (\bar{1}00):(\bar{1}11)$	$= 76\ 41$	5	3	76 40 49
$m : u = (110):(111)$	$= 45\ 30$	3	15	45 21 45
$m^3 : s = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= 59\ \ 1$	4	5	58 56 58

Vergleichen wir die Elemente dieser beiden Augitarten, so resultiren die nachstehenden Werthe:

Gelber Augit	1,0945	1	0,5918	$74^0 19' 38''$
Schwarzer Augit	1,0913	1	0,5875	74 4 53
Differenz	0,0032	—	0,0043	0 14 45

Die Unterschiede kommen daher erst in der dritten Decimale zum Vor-

*) Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande und Westfalens. 36. Jahrgang. Bonn 1879, Sitzungsberichte, p. 112.

schein, wobei ich jedoch vorläufig auf jede Deutung verzichte, bis entsprechendes Material auch die optischen und chemischen Daten erforschen lässt.

Zusammenfassung.

In dieser Arbeit versuchte ich die geometrischen Elemente der genannten Diopside genauer zu bestimmen, indem ich einerseits in den Grundwerthen die Güte d. h. das Gewicht der einzelnen Messungen mit in Rechnung zog, andererseits die gleiche Orientirung der Krystalle durch optische Untersuchung controlirte.

Beide hier erwähnten Punkte sind im Allgemeinen und auch speciell bei den monosymmetrischen Pyroxenen wichtig. Bei diesen letzteren deshalb, weil die goniometrischen Unterschiede zwischen den in Naumann's Sinne als positiv und negativ bezeichneten Formen derart gering sind, so dass beim Mangel anderweitiger Kennzeichen diese zwei mit Leichtigkeit verwechselt werden können; so im gegebenen Falle die Formen: $s\{\bar{1}11\}$ und $e\{011\}$, ferner: $\varepsilon\{\bar{1}21\}$ und $z\{021\}$, $o\{\bar{2}21\}$ und $\mu\{121\}$, $\iota\{\bar{2}11\}$ und $u\{111\}$, $c\{001\}$ und $p\{\bar{1}01\}$, wie dies auch in der That seitens mehrerer Forscher geschah. In dieser Beziehung liefert die neuere Literatur interessante Beispiele.

Die optische Revision und speciell das auf (100) beobachtbare Axenbild bietet ein leicht eruirbares Mittel, um solchen Verwechselungen vorzubeugen, und es ist in dieser Beziehung wünschenswerth, die Mineralien der Augitgruppe im Allgemeinen zu revidiren (ein Schritt ist hierzu bereits geschehen durch die Schrift des Herrn Wülfing (l. c.), worin er die Diopsidkrystalle nach den Versuchen von Greim mit Hülfe der Aetzung mittelst Flusssäure gleichförmig zu orientiren sich bestrebte). Eine solche Revision würde dann die richtigen geometrischen Elemente und die Kritik der Formen als Folge haben. Was die letztere anbelangt, so habe ich an den hier beschriebenen Mineralien zusammen die nachstehenden 41 Formen bestimmt, worunter die mit Sternchen bezeichneten neun Formen neu sind:

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$\omega\{120\}\infty\breve{P}2$
$b\{010\}\infty\breve{P}\infty$	$i\{130\}\infty\breve{P}3$
$c\{001\}0P$	$^*\mathfrak{K}\{140\}\infty\breve{P}4$
$^*\mathfrak{F}\{10.1.0\}\infty\bar{P}10$	$\Delta\{150\}\infty\breve{P}5$
$^*\mathfrak{G}\{710\}\infty\bar{P}7$	$^*\mathfrak{M}\{160\}\infty\breve{P}6$
$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$	$\pi\{041\}4\breve{P}\infty$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$^*\mathfrak{N}\{0.11.5\}\frac{11}{5}\breve{P}\infty$
$g\{210\}\infty\bar{P}2$	$z\{021\}2\breve{P}\infty$
$^*\mathfrak{H}\{750\}\infty\bar{P}\frac{7}{5}$	$e\{011\}\breve{P}\infty$
$m\{110\}\infty P$	$G\{\bar{2}01\}2\bar{P}\infty$

$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$	$^{*}\mathfrak{S}\{\bar{4}14\}\bar{P}4$
$y\{101\}-\bar{P}\infty$	$\nu\{\bar{3}11\}3\bar{P}3$
$\lambda\{\bar{3}31\}3P$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$
$o\{\bar{2}21\}2P$	$^{*}\mathfrak{V}\{\bar{4}21\}4\bar{P}2$
$s\{\bar{1}11\}P$	$^{*}\mathfrak{W}\{\bar{5}31\}5\bar{P}\frac{5}{3}$
$\tau\{\bar{1}12\}\frac{1}{2}P$	$\mathfrak{f}\{\bar{1}31\}3\grave{P}3$
$h\{441\}-4P$	$\varepsilon\{\bar{1}21\}2\grave{P}2$
$w\{331\}-3P$	$\varphi\{152\}-\frac{5}{2}\grave{P}5$
$r\{552\}-\frac{5}{2}P$	$d\{131\}-3\grave{P}3$
$v\{221\}-2P$	$l\{241\}-4\grave{P}2$.
$u\{111\}-P$	

Dass aber eine Revision der Formen dieser Mineralien im Allgemeinen nicht gegenstandslos ist, erhellt aus der folgenden Liste, worin ich die an den monosymmetrischen Pyroxenen bisher beobachteten Formen — auch die des Akmits und Aegirins — zusammengestellt habe.

$a\{100\}\infty\bar{P}\infty$	$Y\{\bar{3}02\}\frac{3}{2}\bar{P}\infty$	$u\{111\}-P$	$R\{\bar{1}32\}\frac{3}{2}\grave{P}3$
$b\{010\}\infty\grave{P}\infty$	$H\{\bar{4}03\}\frac{4}{3}\bar{P}\infty$	$\sigma\{112\}-\frac{1}{2}P$	$\varepsilon\{\bar{1}21\}2\grave{P}2$
$c\{001\}0P$	$p\{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$	$T\{117\}-\frac{1}{7}P$	$\zeta\{\bar{4}83\}\frac{8}{3}\grave{P}2$
$V\{11.1.0\}\infty\bar{P}11$	$n\{\bar{1}02\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$	$S\{119\}-\frac{1}{9}P$	$\mathfrak{m}\{\bar{13}.21.13\}\frac{21}{13}\grave{P}\frac{21}{13}$
$\mathfrak{F}\{10.1.0\}\infty\bar{P}10$	$\psi\{501\}-5\bar{P}\infty$	$\nu\{\bar{3}11\}3\bar{P}3$	$\mathfrak{a}\{\bar{4}65\}\frac{6}{5}\grave{P}\frac{3}{2}$
$\mathfrak{G}\{710\}\infty\bar{P}7$	$M\{401\}-4\bar{P}\infty$	$k\{\bar{3}12\}\frac{3}{2}\bar{P}3$	$\mathfrak{b}\{\bar{2}35\}\frac{3}{5}\grave{P}\frac{3}{2}$
$\chi\{510\}\infty\bar{P}5$	$Q\{15.0.4\}-\frac{15}{4}\bar{P}\infty$	$\Theta\{\bar{3}13\}\bar{P}3$	$\mathfrak{c}\{\bar{3}54\}\frac{5}{4}\grave{P}\frac{5}{3}$
$j\{920\}\infty\bar{P}\frac{9}{2}$	$J\{702\}-\frac{7}{2}\bar{P}\infty$	$\mathfrak{S}\{\bar{4}14\}\bar{P}4$	$\mathfrak{d}\{\bar{6}87\}\frac{8}{7}\grave{P}\frac{4}{3}$
$\Sigma\{15.4.0\}\infty\bar{P}\frac{15}{4}$	$\varsigma\{301\}-3\bar{P}\infty$	$\mathfrak{V}\{\bar{4}21\}4\bar{P}2$	$\mathfrak{e}\{\bar{3}47\}\frac{4}{7}\grave{P}\frac{4}{3}$
$f\{310\}\infty\bar{P}3$	$F\{201\}-2\bar{P}\infty$	$\mathfrak{W}\{\bar{5}31\}5\bar{P}\frac{5}{3}$	$\mathfrak{f}\{\bar{18}.20.19\}\frac{20}{19}\grave{P}\frac{10}{9}$
$l\{730\}\infty\bar{P}\frac{7}{3}$	$y\{101\}-\bar{P}\infty$	$\iota\{\bar{2}11\}2\bar{P}2$	$\Phi\{152\}-\frac{5}{2}\grave{P}5$
$g\{210\}\infty\bar{P}2$	$\mathfrak{I}\{102\}-\frac{1}{2}\bar{P}\infty$	$x\{711\}-7\bar{P}7$	$\mathfrak{t}\{261\}-6\grave{P}3$
$\mathfrak{H}\{750\}\infty\bar{P}\frac{7}{5}$	$\Omega\{\bar{8}81\}8P$	$\mathfrak{n}\{511\}-5\bar{P}5$	$d\{131\}-3\grave{P}3$
$W\{16.15.0\}\infty\bar{P}\frac{16}{15}$	$\mathfrak{l}\{\bar{6}61\}6P$	$B\{411\}-4\bar{P}4$	$Z\{4.10.3\}-\frac{10}{3}\grave{P}\frac{5}{2}$
$m\{110\}\infty P$	$\Pi\{\bar{5}51\}5P$	$P\{15.4.4.\}-\frac{15}{4}\bar{P}\frac{15}{4}$	$\varphi\{252\}-\frac{5}{2}\grave{P}\frac{5}{2}$
$\omega\{120\}\infty\grave{P}2$	$\lambda\{\bar{3}31\}3P$	$\Gamma\{311\}-3\bar{P}3$	$l\{241\}-4\grave{P}2$
$i\{130\}\infty\grave{P}3$	$o\{\bar{2}21\}2P$	$\alpha\{312\}-\frac{3}{2}\bar{P}3$	$\mu\{121\}-2\grave{P}2$
$\mathfrak{K}\{140\}\infty\grave{P}4$	$\beta\{\bar{8}85\}\frac{8}{5}P$	$A\{211\}-2\bar{P}2$	$N\{132\}-\frac{3}{2}\grave{P}3$
$\Delta\{150\}\infty\grave{P}5$	$\varrho\{\bar{3}32\}\frac{3}{2}P$	$\mathfrak{r}\{433\}-\frac{4}{3}\bar{P}\frac{4}{3}$	$\mathfrak{u}\{134\}-\frac{3}{4}\grave{P}3$
$\mathfrak{M}\{160\}\infty\grave{P}6$	$s\{\bar{1}11\}P$	$E\{10.4.4\}-10\bar{P}\frac{5}{2}$	$\mathfrak{z}\{138\}-\frac{3}{8}\grave{P}3$
$L\{170\}\infty\grave{P}7$	$\mathfrak{h}\{\bar{2}23\}\frac{2}{3}P$	$D\{922\}-\frac{9}{2}\bar{P}\frac{9}{2}$	$\mathfrak{v}\{136\}-\frac{1}{2}\grave{P}3$
$\delta\{061\}6\grave{P}\infty$	$\xi\{\bar{3}35\}\frac{3}{5}P$	$\eta\{421\}-4\bar{P}2$	$\Lambda\{451\}-5\grave{P}\frac{5}{4}$
$\pi\{041\}4\grave{P}\infty$	$\tau\{\bar{1}12\}\frac{1}{2}P$	$\mathfrak{g}\{732\}-\frac{7}{2}\bar{P}\frac{7}{3}$	$x\{461\}-6\grave{P}\frac{3}{2}$
$\mathfrak{R}\{0.11.5\}\frac{11}{5}\grave{P}\infty$	$O\{\bar{1}13\}\frac{1}{3}P$	$K\{\bar{4}91\}9\grave{P}9$	$\mathfrak{w}\{243\}-\frac{4}{3}\grave{P}2$
$z\{021\}2\grave{P}\infty$	$h\{441\}-4P$	$\mathfrak{A}\{\bar{1}61\}6\grave{P}6$	$t\{351\}-5\grave{P}\frac{5}{3}$
$e\{011\}\grave{P}\infty$	$w\{331\}-3P$	$\gamma\{\bar{1}51\}5\grave{P}5$	$\mathfrak{V}\{592\}-\frac{9}{2}\grave{P}\frac{9}{5}$.
$X\{015\}\frac{1}{5}\grave{P}\infty$	$r\{552\}-\frac{5}{2}P$	$U\{\bar{1}52\}\frac{5}{2}\grave{P}2$	
$q\{\bar{3}01\}3\bar{P}\infty$	$v\{221\}-2P$	$\vartheta\{\bar{1}42\}2\grave{P}4$	
$G\{\bar{2}01\}2\bar{P}\infty$	$\mathfrak{i}\{332\}-\frac{3}{2}P$	$\mathfrak{f}\{\bar{1}31\}3\grave{P}3$	

Dies sind zusammen 113 Formen, zu welchen noch als unsichere: $\{231\}-\frac{3}{4}\grave{P}\frac{3}{2}$, $C\{5.1.10\}$ $\frac{1}{2}\bar{P}5$ und $\Xi\{\bar{1}.2.10\}\frac{1}{5}\grave{P}2$ zugefügt werden können

Die erste derselben beobachtete J. H. L. Vogt an den aus einer Hochofenschlacke ausgeschiedenen Augitkrystallen*), die zwei letzten hingegen werden von Goldschmidt in seinem Index (l. c.) aufgeführt, es gelang mir jedoch nicht in der mir zur Verfügung stehenden Literatur den Autor derselben aufzufinden.

Ordnen wir die hier beschriebenen Diopside in eine hauptsächlich ihrem Eisengehalte entsprechende Reihenfolge, wobei wir die Daten der mitgetheilten Analysen benutzen und zugleich ihre geometrischen Elemente vergleichen, so resultirt die folgende Tabelle:

	FeO	MnO	Fe_2O_3	Al_2O_3	$a : b : c$	β
1. Weisser Diopsid, Achmatowsk	2,00	0,57	—	—	1,0909 : 1 : 0,5899	74° 10′ 42″
2. Diopsid, Ala	2,91	—	—	—	1,0895 : 1 : 0,5894	74 15 47
	1,91	—	0,98	0,51		
3. Weisser Diopsid, Zillerthal	3,29	—	0,15	0,25	1,0922 : 1 : 0,5887	74 16 28
4. Grüner Diopsid, Zillerthal	3,09	—	0,89	1,22		
5. Grüner Diopsid, Achmatowsk	3,81	—	0,55	0,99	1,0951 : 1 : 0,5985	73 31 8
6. Grüner Diopsid, Nordmarken	17,34	0,21	0,76	0,17	1,0915 : 1 : 0,5848	74 38 59

Die Differenzen der Axenverhältnisse sind nun paarweise die nachstehenden:

	$a - a'$	$c - c'$
1—2	+ 0,0014	+ 0,0005
2—3	— 0,0027	+ 0,0004
3—5	— 0,0029	— 0,0098
5—6	+ 0,0036	+ 0,0137

Die Differenzen beschränken sich daher im Allgemeinen auf die dritte Decimale und ihr Sinn ist wechselnd. Dieser letztere Umstand wird beeinflusst durch den Umstand, dass wir zunächst keine neuere Analyse des weissen Diopsids von Achmatowsk besitzen (die Analyse Herman's stammt aus den 40er Jahren), in welcher auch der Eisenoxyd- und Thonerdegehalt mit in Rücksicht genommen werden sollte; andererseits hingegen dadurch, dass für die Controle der geometrischen Elemente des grünen Diopsids von Achmatowsk keine genügenden Daten vorliegen. Auch darf nicht vergessen werden, dass die citirten Analysen sich nicht auf die von mir untersuchten Krystalle beziehen, sondern bloss eine Orientirung gewähren können. So-

*) Schlackenstudien. Aus den Mittheilungen der Hochschule zu Stockholm. Bih. till. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. 1884, 9. No. 1, p. 1—302. Auszug diese Zeitschr. **11**, 319—325.

viel ist jedoch aus der Zusammenstellung evident, dass die Veränderung des Eisengehaltes der Diopside die geometrischen Elemente nur wenig beeinflusst.

Es stellt sich jedoch die Sache anders, wenn wir diese Diopside in derselben Reihenfolge mit Bezug auf ihre optischen Elemente vergleichen. Hierfür resultirt die nachstehende Tabelle:

	$c:c$ *Na*	$2E_a$ *Na*	$2V_a$ *Na*	β *Na*
Weisser Diopsid, Achmatowsk	38° 34′	111° 51′	58° 45′	1,68861
Diopsid, Ala	38 49	111 55	59 18	1,67506
Weisser Diopsid, Zillerthal	40 18	114 32	—	—
Grüner Diopsid, Zillerthal	39 4	111 26	58 56	1,67946
Grüner Diopsid, Achmatowsk	39 53	112 6	59 1	1,68409
Grüner Diopsid, Nordmarken	45 21	120 22	60 44	1,71625

Beachten wir nun einerseits diejenigen Umstände, welche ich in den vorhergehenden Zeilen besprochen habe, und fassen wir noch die Controlgrössen dieser optischen Werthe ins Auge — welche in der Detailbeschreibung vorzufinden sind —, so kommt einerseits die nahe Uebereinstimmung des weissen Diopsids von Achmatowsk und des Diopsids von Ala zum Vorschein, andererseits ist wiederum ersichtlich, was bekanntlich zuerst durch Tschermak gezeigt wurde, dass bei diesen Mineralien die Auslöschungsschiefe, der Winkel der optischen Axen und der mittlere Brechungsexponent im gelben Lichte sich mit der Aenderung des Eisengehaltes im gleichen Sinne und zwar erheblich verändern.

Die mitgetheilten Winkelwerthe, wie auch die Neigungen der optischen Axen und die Auslöschungen wurden mit den bekannten vorzüglichen Fuess'schen Instrumenten (Reflexionsgoniometer, Modell Nr. 2a, grosser Axenwinkelapparat und Mikroskop) bestimmt.

Zum Schlusse sei es mir noch gestattet, dem Herrn Prof. Dr. Josef Krenner wie auch Herrn A. A. Lösch meinen warmen Dank für das mir zur Disposition gestellte Untersuchungsmaterial auch an dieser Stelle äussern zu dürfen.

II. Krystallisirte Schlacken von Raibl.

Von

P. Philipp Heberdey in Wien.

(Mit 4 Textfiguren.)

Das hohe k. k. österreichische Ackerbauministerium hat im verflossenen Jahre Herrn Professor Schrauf ermächtigt, für das mineralogische Museum der Universität Wien in dem k. k. Staatsbergbau Raibl wissenschaftlich interessante Stufen zu sammeln. Aus dieser Collection übergab mir der genannte Herr einige krystallisirte Schlacken zur Untersuchung, welche Stücke von der k. k. Schmelzhütte zu Kaltwasser nächst Raibl stammen. In dieser Hütte werden nur die im triassischen Dolomite Raibl's vorkommenden Bleiglanzerze verschmolzen, während die Zinkerze an andere Hütten abgegeben werden. Die Bleiglanzstuferze werden durch den Kärthnerprocess reducirt und nur die Bleierzschlieche werden nach dem Rösten durch die Niederschlagsarbeit in Schachtöfen zu Gute gemacht.

Von diesen zwei letztgenannten Processen rühren die Stücke her, welche ich untersuchte und von denen namentlich das Röstgut interessant ist, weil es ein künstlicher Bleizinkchrysolith ist, dessen Existenz bislang noch nicht bekannt war.

§ 1. Krystallisirtes Röstgut.

Betreffs der Bildung des krystallisirten Röstgutes wurden dem Herrn Professor Schrauf vom k. k. Hüttenmeister Herrn Buchal, welcher diese Krystallbildung bemerkte und sammelte, Folgendes mitgetheilt. Es ist primäres Röstgut aus dem Röstofen. Die angelieferten Schlieche, welche ungefähr 50 % Blei und 18 % Zink enthalten, werden bis zum Flüssigwerden im Ofen erhitzt mit einem Zuschlage von 8 % Quarzsand, der etwas Eisen und Kalk enthält. Dazu kommen noch etwa 20 % Verunreinigungen durch das dolomitische Muttergestein. Das flüssige Rösterz wird aus dem Ofen in

untergestellte Blechwägen abgelassen und erstarrt in diesen. Der Rösterzkuchen von dieser sogenannten Schlackenröstung wird dann in Stücke geschlagen. Gut geröstetes Erz, beziehungsweise Röstkuchen zeigt stets an den Wandungen des Blechwagens eine homogene Masse von derber Structur, in der Mitte hingegen einen Drusenraum, der mit der krystallisirten Schlacke erfüllt ist. Röstgut von solcher Beschaffenheit war in den Jahren 1888—1891 in der Hütte zu Kaltwasser eine häufige Erscheinung.

Das mir zur Untersuchung anvertraute Stück krystallisirten Röstgutes trägt die Inventarnummer 8813 des mineralogischen Museums. Es ist faustgross, von grauer Farbe, ähnlich der des Arsenkieses, und zeigt den Uebergang von mikrokrystallinischer zur holokrystallinischen Structur. Der unterste Theil ist mikrokrystallinisch, im mittleren Theile treten bereits Krystalle auf. Die einzelnen Individuen sind radialfaserig, büschelförmig, einander durchquerend angeordnet, doch liegen sie noch immer in der Grundmasse eingebettet. Nach oben hingegen erscheint eine Kruste von zahlreichen frei entwickelten, sehr enge an einander stehenden Krystallen; diese sind sehr fein nadelförmig und bis zu einem Centimeter lang; ihre Farbe ist grau ins Gelbgrüne*); sie stehen theils parallel, theils büschelförmig und einzelne Krystallbüschel durchqueren auch die benachbarten mehr oder weniger parallel gestellten Krystallgruppen.

Zwischen den einzelnen Individuen finden sich Kügelchen von bleigrauer Farbe, durch die immer zwei oder auch mehr Krystalle mit einander verklebt sind. Diese Kügelchen sind hämmerbar, schneidbar, und erweisen sich als bereits ausgeschiedenes reducirtes Blei.

Mit Rücksicht auf die Entstehungsweise des Stückes musste auch freies Blei in der derben Masse erwartet werden, und in der That erhielt ich beim Verreiben und Sieben des Pulvers einen Rückstand von metallischem Blei. Eine ähnliche Erscheinung hat auch Percy**) beschrieben; die betreffenden Stücke, an denen er diese Erscheinung bemerkte, hatte er aus der Claus-thaler Hütte erhalten. »In diesen schwankte der Bleigehalt zwischen 40 und 70 % und selbst der krystallisirte Stein enthielt metallisches Blei, was durch Reiben und an angeschliffenen Flächen erkannt ward.«

Der kryptokrystallinische Theil des Röstgutes enthält freien Bleiglanz, der mit der Lupe deutlich sichtbar ist und dessen Menge von oben nach unten immer mehr zunimmt. Wahrscheinlich sind auch Spuren von Bleisulfat dem Röstgute beigemengt.

a. Kryptokrystallinische Grundmasse.

Da diese Grundmasse gleichsam das Muttergestein des im folgenden Paragraphen beschriebenen Bleizinkchrysolith ist, so wurde auch sie einer

*) Radde intern. Sc. 36 i.

**) Percy, Metallurgie, deutsche Ausgabe, 1872, 3, 268.

chemischen Prüfung unterzogen. Die schon in den vorhergehenden Zeilen erwähnte Thatsache, dass Blei theils gediegen, theils als Sulfid, Sulfat und Silicat vorhanden sein kann, lässt a priori erkennen, dass die Isolirung und Bestimmung des wahren Bleisilicates in diesem Gemenge Schwierigkeiten darbietet. Mit Rücksicht auf den angestrebten Zweck, die Silicificirungsstufe des Bleies zu erkennen, wurden daher mehrere Untersuchungen durchgeführt.

α) Zur qualitativen Probe und zur Bauschanalyse nahm ich vorerst ungereinigtes Pulver aus dem unteren Theile der Schlacke. Dasselbe zeigte folgende chemische Reactionen. Mit Salzsäure ausgezogen und mit Schwefelwasserstoff behandelt, erscheint ein rother Niederschlag, der aber nur unvollkommen isolirt werden konnte, weil sich sofort schwarzes Schwefelblei mit demselben mischte. Qualitativ untersucht ergab er Blei und Eisen, welch' letzteres jedenfalls auf mechanischem Wege durch das fallende Blei aus der sauren Lösung mitgerissen wurde. Der rothe Niederschlag ist eine Verbindung von Schwefelblei und Chlorblei. Parmentier beschreibt*) die gleiche rothe Verbindung und giebt als deren Zusammensetzung $PbS + PbCl_2$ an. Hünefeld hingegen**), der diese Erscheinung ebenfalls beobachtete, erhielt auf 80 Theile Lösung 45 Theile PbS und 35 Theile $PbCl_2$, »was einer Verbindung von $3\,PbS + 2\,PbCl_2$ gleichkommen dürfte«. Auch Reimsch spricht***) über dieses »schwefelbasische Bleichlorid«.

Schwefelammonium ruft einen starken Niederschlag von Schwefelzink hervor. Beim Versetzen des Pulvers mit Salpetersäure entweichen rothe Dämpfe der Untersalpetersäure, woraus auf das Vorhandensein von Schwefel in der Schlacke geschlossen werden kann. Freier Magnetit, welcher sich in Hüttenproducten öfters vorfindet, konnte mit dem Magneten im Pulver nicht nachgewiesen werden.

Für die Bauschanalyse wurde eine Substanzmenge von 0,7588 g genommen, diese in Salpetersäure gelöst und mehrere Male mit erneuten Mengen von Salpetersäure bis zur Trockne eingedampft. Trotzdem blieb ein Theil der Kieselsäure im löslichen Zustande und musste aus den folgenden Fällungen separirt werden. Weil sich bei der qualitativen Probe der oben erwähnte rothe Niederschlag zeigte, so wurde nach vollkommener Abdampfung der Salpetersäure der Rückstand mit Wasser und Weinsäure aufgenommen, um etwa vorhandenes Antimon fällen zu können. Es konnte jedoch dieser Grundstoff nicht nachgewiesen werden. Als in Weinsäure unlöslicher Rückstand blieben 0,05 g = 6,59 % Kieselsäure. Aus dem Filtrate erhielt ich mit Schwefelwasserstoff aus schwachsaurer Lösung einen

---

*) Compt. rend. **114**, 298—301.

) Journ. f. prakt. Chemie **7, 27.

***) Journ. f. prakt. Chemie **13**, 131.

schwarzen Niederschlag, der aus Blei, Zink, Eisen und Kieselsäure bestand; er wurde in das Sulfat übergeführt und dann mit Wasser ausgelaugt. Unlöslich blieben 0,7858 g $PbSO_4$ = 76,215 % PbO. Im Filtrate wurde durch Ammoniak 0,0196 g = 2,58 Fe_2O_3 gefällt. Zugesetztes gelbes Schwefelammon fällte 0,0492 g, dieses Präcipitat wurde in Salzsäure gelöst, wobei 0,0015 g = 0,1976 % Kieselsäure als unlöslicher Rückstand blieben und bei einer neuen Versetzung des Filtrates mit Schwefelammon 0,0485 g Schwefelzink = 5,341 % Zinkoxyd fielen.

In das von der ersten Schwefelwasserstoffeinleitung herrührende etwas sauer reagirende Hauptfiltrat wurde Ammoniak bis zur alkalischen Reaction gegeben, worauf beim erneuten Schwefelwasserstoffeinleiten ein schwarzer Niederschlag entstand. Diesen löste ich in heisser Salzsäure und erhielt mit Ammoniak 0,0057 g = 0,751 % Fe_2O_3, mit Schwefelammon 0,013 ZnS = 1,432 % ZnO. Aus der ammoniakalischen Lösung fiel durch oxalsaures Ammon Kalk, der als kohlensaurer Kalk gewogen wurde 0,0132 g $CaCO_3$ = 0,974 CaO. Nun wurde das weinsaure Filtrat eingeengt, getrocknet und verbrannt; der Rückstand mit Salzsäure behandelt lieferte als unlöslichen Rest 0,0148 g = 1,95 % Kieselsäure, ferner 0,021 g $CaCO_3$ = 0,155 % CaO, dann 0,0053 g = 0,699 % Fe_2O_3 und endlich mit Phosphorsalz versetzt 0,013 g pyrophosphorsaure Magnesia = 0,617 % MgO.

Die Bauschanalyse ergab also folgende Resultate:

Analyse I.

SiO_2	8,738
PbO	76,215
Fe_2O_3	4,033
ZnO	6,778
CaO	1,129
MgO	0,618

β) Da, wie früher schon erwähnt, gediegenes Blei der Schlacke anhaftet, so musste dasselbe, um eine genaue Analyse der Substanz anstellen zu können, entfernt werden. Der kürzeste Weg hiezu schien der des Schlämmens einer grösseren Menge Pulvers zu sein. Das feinste und im Wasser suspendirte Pulver wurde gesammelt, getrocknet und für die Analyse benutzt; der zurückbleibende, unreine, schwere Theil wurde als Analysenmaterial nicht verwendet. An ihm zeigte sich aber die Eigenthümlichkeit, dass sich seine feuchte Oberfläche durch die Einwirkung der Kohlensäure der Luft langsam mit Bleiweiss bedeckte. Von dem geschlämmten Pulver wurden nun 0,53 g für die Analyse in Verwendung gebracht. Beim Versetzen mit Salpetersäure zeigten sich wie bei Analyse I die untersalpetersauren Dämpfe. Nach mehrmaligem Abdampfen erhielt ich als unlöslichen Rest 0,04 g Kieselsäure; und als ich, um alle Kieselsäure

auszuscheiden, nochmals die salpetersaure Lösung abdampfte, blieben wieder unlöslich zurück 0,002 g SiO_2, also im Ganzen 0,042 g = 7,925 % SiO_2. Infolge von etwas beigemengter Kohle war die Kieselsäure nicht rein weiss, nahm aber beim Glühen die normale weisse Färbung an. Das salpetersaure Filtrat wurde zur Trockne eingedampft, die Nitrate in die Sulfate übergeführt, diese mit Wasser ausgelaugt. Als unlöslicher Rest blieben 0,5588 g $PbSO_4$ = 77,63 PbO. Mit Ammoniak fällte ich Eisen 0,0178 Fe_2O_3 = 3,023 FeO, mit Schwefelammon sodann Zink 0,0383 g ZnS = 6,038 ZnO. Calcium wurde als Oxalat gefällt, als Carbonat gewogen 0,0133 g $CaCO_3$ = 1,405 % CaO; Magnesium als pyrophosphorsaure Magnesia 0,097 g = 0,66 % MgO. Eine zweite Controlanalyse von solchem geschlämmten Pulver wurde auf dieselbe Weise durchgeführt.

	Analyse II.	Analyse III.	Mittel:
SiO_2	7,924	7,122	7,523
PbO	77,63	75,51	76,57
ZnO	6,038	6,708	6,373
FeO	3,023	4,211	3,617
CaO	1,405	2,319	1,862
MgO	0,66	0,442	0,554
MnO	Spuren	—	
Schwefel	—	—	
Kohle	1,00 circa	—	

Der in der Schlacke vorkommende Schwefel stammt von dem unzersetzten Bleiglanz (s. oben) her und es wurde als dem Analysenverlust entsprechend 2,5 % S als an Blei gebunden angenommen. Diesem entsprechen 16,17 % Pb oder 17,42 % PbO, welche von der Hauptmasse abgezogen werden müssen. Die Analysen II. und III. führen unter dieser Annahme zu folgendem Resultate*):

	Analyse II a.	Quotient:	
SiO_2	7,523	0,1254	38
PbO	59,15	0,2697	76
ZnO	6,773	0,0786	22
FeO	3,617	0,0502	14
CaO	1,862	0,0326	10
MgO	0,554	0,0138	4
Pb }	16,17	0,0781	22
S }	2,5	0,0781	22
Kohle	circa 1 %.		

*) Da eine Röstschlacke hier vorliegt, ist wahrscheinlich auch etwas $PbSO_4$ neben PbS enthalten. Dessen Quantität wurde durch separate Analysen zu ermitteln versucht, doch konnte ich keinen günstigen Erfolg erzielen.

Es würde also demnach die Schlacke die Zusammensetzung $22 PbS + Pb_{76} Zn_{22} Fe_{14} Ca_{10} Mg_4 Si_{38} O_{212}$ haben. Da jedoch dieselbe ein Gemisch von Krystallen und derber Masse ist, daher ausser Bleiglanz auch noch Bleizinkchrysolithsubstanz enthält, so kann die Formel nicht als Constitutions-, sondern nur als empirische Formel dienen.

Die Dichte dieser mikrokrystallinischen Schlacke wurde mit dem Pyknometer bestimmt und auf Wasser von 4° C. reducirt. Sie ist $D_4^{22} = 7{,}063$.

b. Krystallisirter Theil der Schlacke; künstlicher Bleizinkchrysolith.

α) Analyse und Dichte.

Zur Analyse wurden bloss ausgesuchte Krystalle verwendet und zwar eine Substanzmenge von 0,5 g. Das Pulver derselben war neutral grau *) und etwas lichter als das der Schlacke selbst. Nach wiederholtem Abdampfen mit Salpetersäure, bei deren Zusatz die untersalpetersauren Dämpfe nicht entstanden, blieben 0,0796 g = 15,92 % reine weisse Kieselsäure als unlöslicher Rest, welche keinerlei Beimengung von Kohle zeigte; die salpetersaure Lösung wurde eingedampft, die Nitrate in die Sulfate umgewandelt und mit Wasser ausgelaugt. Unlöslich blieben 0,4174 $PbSO_4$ = 61,44 % PbO nebst Spuren von Kalk. Aus dem Filtrate fielen mit Ammoniak 0,0094 Fe_2O_3 = 1,962 FeO, mit Schwefelammon 0,1116 g, welche Fällung mit Salzsäure aufgenommen 0,0035 g = 0,7 % Kieselsäure als Rückstand und 0,108 g = 18,16 ZnO mit Schwefelammon neuerdings ausgefälltes reines Schwefelzink ergab. Mit Phosphorsalz fielen 0,0276 pyrophosphorsaure Magnesia = 1,99 % MgO. Darnach stellen sich die Resultate der Analyse folgendermassen dar:

	Analyse IV.	IVa. auf 100 berechnet:	Quotient:			
SiO_2	16,62	16,63	0,2772		1	10
PbO	61,5	61,52	0,2757		1	10
ZnO	18,16	18,17	0,2243	0,2974	1,07	7
MgO	1,99	1,99	0,0497			2
FeO	1,69	1,69	0,0234			1
CaO	Spuren	—				
	99,96	100,00				

Es verhalten sich also die Basen zur Kieselsäure $RO : SiO_2 = 0{,}2772 : 0{,}5731 = 1 : 2{,}07$. Die Krystalle stellen mithin ein Orthosilicat von der Formel $PbZnSiO_4$ dar, und müssen angesprochen werden als ein Bleizinkchrysolith mit geringem Eisen- und Magnesiagehalt von der Constitutionsformel $Pb_{10} Zn_7 Mg_2 Fe Si_{10} O_{40}$.

*) Radde, int. Sc. 31, 5s.

Die Procentverhältnisse für diese Formel sind:

	IVb. berechnet:	Δ (R. — B.):
SiO_2	16,83	+ 0,23
PbO	62,57	+ 1,07
ZnO	17,05	— 1,11
MgO	1,87	— 0,12
FeO	1,68	— 0,01
	100,00	

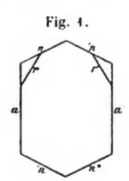
Es weichen die einzelnen Zahlen der berechneten Procente von denen des gefundenen Procentgehaltes nur wenig ab, wie dies die beigesetzte Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung zeigt.

Die Dichte der Krystalle wurde mit dem Pyknometer bestimmt und auf Wasser von 4° C. reducirt. Sie ist $D_4^{22} = 5,214$.

β) Krystallform.

Die Krystalle zeigen einen säulenförmigen Habitus, 6—7 mehr oder weniger deutlich entwickelte Flächen, welche alle in der Prismenzone liegen und ausnahmslos elliptische Vertiefungen aufweisen. Sehr häufig sind einzelne Flächen gekrümmt, wodurch die Genauigkeit der Messungen wesentlich beeinträchtigt wird. Die Flächen geben selten ein einheitliches Signal, sondern meist ein Büschel wirr durcheinander liegender Signale. Es wurden fünf Krystalle der Messung unterzogen, von denen Nummer III. und IV. je sieben, die anderen je sechs Flächen aufwiesen, nämlich $n\{120\}$, $a\{100\}$ und $r\{320\}$. Andere Flächen, als die in der Prismenzone liegenden, konnten leider nicht aufgefunden werden. Die Messungen lieferten folgende Resultate:

Fig. 1.



Gemessene Werthe.

	Krystall I.	II.	III.	IV.	V.
n : $'n$	46° 20′	46° 17′	46° 37′	46° 29′	46° 35′
$'n$: a'	66 39	66 33	66 43	66 46	66 43
a' : n''	66 51	66 36	66 40	66 22	66 49
a' : r'	—	—	37 48	37 45	—
n'' : $'n$	46 27	46 44	46 36	46 48	46 26
$'n$: a	66 36	66 14	66 51	66 46	66 51
a : n	66 48	67 8	66 47	66 34	66 41

	Mittelwerthe:	Berechnet:	Monticellit *):
$n : 'n$	46° 47,7	46° 30′	47° 6′
$'n : a'$	66 41	66 45	66 27
$a' : n''$	66 40	66 45	66 27
$a' : r'$	37 46	37 48	35 35
$n'' : n'$	46 32	46 30	47 6
$'n : a$	66 37	66 45	66 27
$a : n$	66 47,7	66 45	66 27

Die aus Miller's Mineralogy angezogenen Winkel sind die correlaten Winkel des Monticellits, mit dem der Bleizinkchrysolith morphologisch verwandt zu sein scheint. Vergleicht man die Prismenwinkel des Monticellits mit denen des Bleizinkchrysolith, so zeigt sich sofort, dass das Eintreten des Bleies einen wesentlichen morphotropischen Einfluss auf die Krystallisation der Substanz hat. Während der Prismenwinkel des Monticellits, der die Zusammensetzung $Ca_2SiO_4 + Mg_2SiO_4$ hat, 66° 27′ beträgt, wird durch das Eintreten von Blei der Werth desselben auf 66° 45′ erhöht.

Das Axenverhältniss konnte nur für die zwei horizontalen Axen berechnet werden und giebt $a : b = 0{,}8592 : 1$.

γ) Brechungsexponent und optisches Verhalten.

Bei der Messung der Winkel erschienen gute Totalreflexe der einzelnen Signale, von denen einer benutzt wurde, um den Brechungsexponenten zu bestimmen. Der Krystall wurde auf einem Fuess-Goniometer I mit horizontalem Limbus justirt, dann der Limbus und Collimator fixirt, das Beobachtungsfernrohr beweglich gelassen und bei Natriumlicht die Stellung des Totalreflexes ermittelt. Die Mitte des doppelt gebrochenen Totalreflexes, dessen zwei Strahlen sich zur Hälfte deckten, trat (beim Minimum der Ablenkung) bei 30° 10′ aus. Das Beleuchtungsfernrohr stand auf 159° 2′ 30″. Es wurde nun das Beobachtungsfernrohr bei 258° 3′ fixirt, der Limbus mit dem Krystall um 46° 30′ gedreht, wonach der Oberflächenreflex von der ursprünglich dem Beobachtungsfernrohr zugewendeten Fläche n im Beobachtungsfernrohr erschien. Hieraus rechnet man, dass wegen 258° — 159° = 99° und $2 \times 46° 30' = 93°$, $\Delta = \frac{1}{2}[99-93] = 3°$ der Strahl ursprünglich unter einem Incidenzwinkel von 3° einfiel.

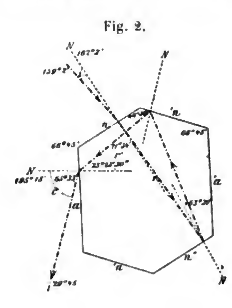
Mit Zugrundelegung eines Brechungsexponenten von 2,293 ergiebt sich folgender Gang des Strahles im Krystall bis zu seinem Austritt aus demselben. In umstehender Zeichnung ist der Gang des Lichtstrahles durch die —·— Linien anschaulich gemacht.

Das Licht tritt mit $i = 3°$ ein und wird gebrochen $r = 1° 19' 30''$.

*) Nach Miller, Mineralogy p. 345.

Nimmt man zur Bezeichnung des Ganges des Lichtes die angularen Richtungen am fixen Goniometer zu Hülfe, so kann man sagen, der Strahl kommt im Innern des Krystalles parallel 159° 2′ + 1° 19′ 30″ an die Fläche n'', wird dort reflectirt und kommt parallel 163° 30′ an die Fläche $'n$ mit einem Winkel von 45° 32′ 30″ gegen die Flächennormale; er wird auch hier reflectirt und gelangt parallel 163° 30′ — 91° 5′ = 71° 54′ 30″ auf die Fläche a, wo er mit der Flächennormale 95° 18′ einen Winkel von $r' =$ 23° 23′ 30″ bildet. Hier tritt der Strahl in Luft aus und zwar mit einem Winkel von $i' =$ 65° 33′ gegen die Flächennormale, also parallel der Richtung 29° 45′ des Goniometers, während die Beobachtung für den Austritt des total reflectirten Strahles 30° 10′ ergab.

Fig. 2.



Es tritt also der Strahl auch theoretisch durch die Fläche und parallel jener Richtung aus, welche durch die Beobachtung constatirt wurde. Allerdings ist der Exponent

$$n = 2,293$$

sehr hoch, indessen hat auch Bleisuperoxydhydrat*) den hohen Exponenten 2,229 für die Natriumlinie. Da nun in den Schlackenkrystallen der Bleigehalt 61 % beträgt, so ist der hohe Exponent erklärlich.

Die Krystalle zeigen Doppelbrechung, die einzelnen Flächen gerade Auslöschungsrichtung. Es dürfte jedenfalls das trimetrische System vorliegen.

c. Vergleich des Bleizinkchrysolith mit anderen Bleisilicaten.

Wenn wir den Bleizinkchrysolith in Parallele setzen zu den anderen künstlichen und natürlichen Bleisilicaten, so fällt vor Allem auf, dass ein Kieselsäuregehalt von 16 % sich in der grösseren Anzahl der Bleisilicate findet, die anderen Bestandtheile hingegen je nach Art der Entstehung oder des Vorkommens bedeutend von einander differiren.

Vor Allem kann mit dem Bleizinkchrysolith der Kentrolith verglichen werden, der aus Chili stammt und von Damour und vom Rath untersucht wurde**). Die chemische Analyse führt nach Damour zu einer doppelten Formel:

I. $PbO + MnO_2 + SiO_2$		oder	II. $2PbO + Mn_2O_3 + 2SiO_2$	
SiO_2	16,21		SiO_2	16,58
PbO	60,70		PbO	61,59
MnO_2	23,52		Mn_2O_3	21,83

*) Wernicke, Pogg Ann. **139**, 143.

) Diese Zeitschr. 1881, **5, 32—35.

Wenn man nun diese Procentverhältnisse des Kentrolithes vergleicht mit denen des Bleizinkchrysolithes, so zeigt sich eine nahezu vollkommene Uebereinstimmung im Blei- und Kieselsäuregehalte.

	Kentrolith:	Bleizinkchrysolith:
SiO_2	16,58	16,63
PbO	61,59	61,53

Nur tritt statt Mangan, welches im Kentrolith vorhanden ist, im Bleizinkchrysolith Magnesia, Eisen und Zink ein, was sich daraus erklärt, dass in Raibl der Schlackenzuschlag eisenhaltiger Quarz ist und das Erz selbst mit 18 % Zink und 20 % Dolomit angeliefert wird.

Die Krystallform des Kentrolithes ist wohl ebenfalls die trimetrische, jedoch das Axenverhältniss verschieden von dem unseres Bleizinkchrysolithes. Die Angaben*) von vom Rath führen nach Flink zu $a:b:c = 0,633 : 1 : 0,898$, welches Axenverhältniss auch von mir mit demselben Resultate controlirt worden ist. Bemerkenswerth ist die Grösse des Prismenwinkels vom Kentrolith, welcher 64° 42′ beträgt. Der ganzen Zusammensetzung und der Krystallform nach scheint der Kentrolith mit dem Monticellit morphologisch verwandt zu sein. Da Blei in grosser Menge in demselben vorhanden ist, sollte wie beim Bleizinkchrysolith der Prismenwinkel sich erhöhen. Allein es wird hier die morphologische Kraft des Bleies vollkommen vom Mangan paralysirt, und der Winkel von 66° 27′ auf 64° 42′ herabgemindert. Diese Erscheinung zeigt, dass Mangan ausserordentlich auf die Krystallform einwirkt und legt die Vermuthung nahe, dass sich Mangan nicht als zweiwerthiges Mn, sondern als dreiwerthiges Mn im Kentrolith vorfindet, wonach dann dieses Mineral nicht isomorph mit Chrysolith wäre.

Ein anderes künstliches Bleisilicat**), welches eine ähnliche Entstehungsweise wie der Bleizinkchrysolith hat, ist krystallisirte Bleischlacke von Bonne Terre in Missouri; diese wurde von Dana und Penfield untersucht und ergab die Analyse nach Penfield:

SiO_2	16,00
PbO	75,26
CaO	6,15
FeO, MnO, MgO, Na_2O	1,65

so dass sich das Verhältnis von $SiO_2 : RO$ wie nahezu 4 : 7 stellt. Der Kieselsäuregehalt ist nahezu gleich mit dem unseres Bleizinkchrysolithes, dagegen weicht der Bleigehalt bedeutend ab. Diese Krystalle besitzen aber hexagonales Krystallsystem. Es stimmt also ihre Form mit der des Bleizinkchrysolithes nicht überein (vergl. später S. 70).

*) Dana, A System of Mineralogy (1892), Suppl. 1039.

) Diese Zeitschr. **11, 310; **12**, 508.

Einen ebenfalls nahezu übereinstimmenden Kieselsäuregehalt, nämlich 18 % SiO_2, weist der Ganomalit*) auf, welcher ein natürlich vorkommendes Bleisilicat ist und tetragonal krystallisirt. Dieser ist kein Orthosilicat, sondern das Verhältnis von Basen zur Kieselsäure ist 5 : 3; entsprechend $SiO_2 = 18,83$, $PbO = 68,80$, $MnO = 2,29$, $CaO = 9,34$.

Nahezu den gleichen Procentsatz an Kieselsäure wie die bisher erwähnten Bleisilicate haben auch der Barysilit und der Melanotekit. Ersterer ist $3PbO + 2SiO_2$**), der Melanotekit hingegen $2PbO$, Fe_2O_3, $2SiO_2$***).

Aus diesen Vergleichen ist erkennbar, dass eine unserem Bleizinkchrysolith gleiche Verbindung bisher als natürliches Mineral noch nicht gefunden ward. Allen diesen fehlt der Zinkgehalt, welcher hier neben Blei dominirend auftritt†).

§ 2. Krystallisirte Schlacke von der Niederschlagsarbeit stammend.

Das untersuchte Stück, welches die Inventarnummer 8815 des mineralogischen Museums trägt, hat eine dunkelschwarze Farbe, ist metallisch glänzend und zeigt in Drusenräumen zahlreiche lichtbraune Krystalle, die mehr oder weniger radial um je einen Punkt angeordnet sind. In den Hohlräumen zwischen den Krystallen zeigen sich schöne, blaue bis violette Anlauffarben. Es ist dieses Stück eine dunkle, eisenreiche Schlacke, die vom Bleischmelzen im Schachtofen stammt. Die gewöhnliche Beschickung dieses Ofens besteht aus etwa 100 Gewichtstheilen Rösterz (siehe § 1), 30 Gewichtstheilen Eisenfrischschlacke und 20—30 Gewichtstheilen eigener reicher Schachtofenschlacke nebst etwas Gekrätz und Abstich. Die Schlacken sind sehr leichtflüssig und erstarren rasch. Krystallisirte Schlacke ist nach der Mittheilung des k. k. Hüttenmeisters in der Hütte zu Kaltwasser sehr selten anzutreffen.

a. Die derbe Grundmasse.

Bei der Analyse wurde im wesentlichen derselbe Gang eingeschlagen, wie bei den Analysen des Bleizinkchrysolithes. Das Pulver hatte eine braunschwarze Farbe, veränderte beim Erwärmen seine Farbe in Lichtbraun, wurde aber bei sehr starkem Erhitzen vor dem Gebläse wieder dunkelbraun. Dabei sinterte das Pulver zusammen und bildete eine zusammenhängende Masse, wobei sich das Gewicht der Substanz, welches 0,731 g

*) Dana, Mineralogy 1892, p. 422.

**) Diese Zeitschr. 17, 428.

***) Dana, Mineralogy 1892, p. 545.

†) Nur eine Schlacke ist bis jetzt durch die Publication Vogt's bekannt, in der neben Blei auch noch ein bedeutender Zinkgehalt auftritt. Vogt, Studien über Schlacken. Diese Zeitschr. 11, 319.

betrug, auf 0,7555 g erhöhte, also um 2,784 % zunahm. Diese Gewichtszunahme lässt sich dadurch erklären, dass das Eisen- und Manganoxydul in das Oxyd umgewandelt wurde. Da in der Schlacke gemäss der Analyse 14,38 % FeO und 11,44 % MnO enthalten sind, welchen 16,14 % Fe_2O_3 und 12,39 Mn_3O_4 entsprechen, so muss bei Oxydirung der Oxydule das Gewicht um 2,71 % zunehmen, so dass die beobachtete Gewichtszunahme um 2,78 % auf diese Weise zu erklären ist.

Zur Bauschanalyse wurde eine Substanzmenge von 0,5025 g verwendet, dieselbe dann zu wiederholten Malen mit Salpetersäure abgedampft, wobei sich eine schmutziggraue Masse abschied, welche 0,1686 g betrug. Beim Glühen verbrannten hiervon 1,8 % Kohle; der Rest wurde dann mit Fluorammonium behandelt, der hiernach verbleibende Rückstand, der eine dunkelschwarze Farbe hatte, wurde in heisser Salzsäure vollkommen gelöst und erwies sich als 5,26 % FeO. Daraus ergiebt sich schliesslich ein Gehalt an Kieselsäure = 25,9 %.

Diese durch Salpetersäure unzersetzbare Eisenverbindung ist jedenfalls ein Theil der zugeschlagenen Eisenfrischschlacke, welche im Ueberschusse da war und sich noch nicht durch Verschmelzen mit Blei zersetzt hatte.

Aus dem Hauptfiltrate wurden die schwefelsauren Salze dargestellt und mit Wasser ausgelaugt. Als unlöslicher Rückstand blieb 0,0945 $PbSO_4$ = 13,84 % PbO. Mit Schwefelammon fiel dann aus der Lösung 0,117 g ZnS = 19,11 % ZnO, mit Ammoniak ein Gemenge von Aluminium, Eisen und Mangan. Aluminium wurde durch Eintragen der Lösung in kochende Kalilauge getrennt und ergab 0,035 g = 6,96 % Al_2O_3; Mangan und Eisen wurden geschieden durch Neutralisirung der Lösung mit kohlensaurem Ammon. Der Eisenniederschlag betrug 0,0522 g Fe_2O_3 = 9,12 % FeO. Mangan wurde mit Brom gefällt, gewogen 0,0623 g Mn_3O_4 = 11,44 MnO. Kalk wurde als Carbonat bestimmt 0,0342 $CaCO_3$ = 3,81 CaO, Magnesia als Phosphat 0,0205 g = 1,47 MgO. Es ergab mithin die Analyse folgende Procentziffern:

Analyse V.

In HNO_3 unlöslich	Kohle	1,8
	SiO_2	25,9
	FeO	5,26
	PbO	13,84
	ZnO	19,11
	MnO	11,44
	FeO	9,12
	Al_2O_3	6,96
	CaO	3,81
	MgO	1,77
		98,71

Um aber zur Constitutionsformel der Schlacke zu kommen ist es nöthig, die Menge der Eisenverbindung, welche wegen ihrer Unzersetzbarkeit durch Säuren als ein Metasilicat (Augitschlacke) angesprochen werden muss, von der löslichen eigentlichen Bleischlacke in Abrechnung zu bringen. Da nun $RSiO_3$ 5,26 % Eisenoxydul 4,38 % Kieselsäure erfordert, so kann man die Ziffern der Analyse in folgender Weise gruppiren.

Analyse Va.

		Unlöslicher Theil:		Löslicher Theil:		Quotient:	
Kohle	1,8	SiO_2	4,38	SiO_2	21,54	0,359	$\overset{IV}{R}$
		FeO	5,26	Al_2O_3	6,96	0,067	$\overset{III}{R_2}$
				PbO	13,84	0,062	$\overset{II}{R_1}$
				ZnO	19,11	0,211	
				MnO	11,44	0,161	
				FeO	9,12	0,126	
				CaO	3,81	0,068	
				MgO	1,47	0,036	

Die Rolle der Thonerde*) in der Verbindung ist zweifelhaft. Da Aluminium im löslichen Theile der Schlacke gefunden wird, ist es wahrscheinlich, dass ein Blei- und Zinkaluminat in der Schlacke vorkommt. Anderseits kann aber auch die Constitution der Schlacke ähnlich der des Meliliths aufgefasst werden und in diesem Falle kommt man zur Formel

$$(Pb_3Zn_{10}Mn_8Fe_6Ca_3Mg_2)Si_{15}O_{62} + 2Al_2SiO_5 ,$$

woraus man erkennt, dass eine Verbindung vorliegt, die den Orthosilicaten ähnlich ist.

b. Die Krystalle.

α) Säulenförmige Krystalle. Dieselben füllen in grosser Menge die Drusenräume aus. Sie sind von dunkler, brauner Farbe, wenig durchsichtig und gewöhnlich durch Schlackenanhängsel verunreinigt. Von diesen Krystallen wurden die reinsten für die Analyse ausgesucht; leider konnten nur 0,1795 g verwendet werden.

Mit Salpetersäure abgedampft und mit verdünnter HNO_3 behandelt, blieb ein schmutziggrauer Rückstand von 0,06 g, von dem beim Glühen 0,002 g Kohle verbrannte; der Rest wurde mit Fluorammon behandelt; der hiebei verbleibende Rückstand wurde zuerst mit Schwefelsäure abgedampft, dann mit Salzsäure und Wasser aufgenommen und vollkommen gelöst. Er

*) Der Thonerdegehalt stammt von der Fütterung des Schachtofens mit Lehm und ...lacke selbst mag herrühren von den ersten Abstichen nach dem Anlassen des ...gestellten Ofens. Hieraus erklärt sich auch die Seltenheit solcher krystallisirter, ...sischer Schlacken.

bestand aus Eisen mit sehr geringen Mengen von Aluminium und Mangan und betrug 0,012 g Fe_2O_3 = 4,98 % FeO. Es ist somit 24,51 % Kieselsäure im unlöslichen Theile enthalten. Der andere Theil der Analyse war analog der früheren Analyse V.

Analyse VI.

In Salpetersäure unlösl.	Kohle	1,12
	SiO_2	24,51
	FeO	4,98
	PbO	6,94
	ZnO	33,42
	FeO	13,04
	Al_2O_3	10,25
	MnO	3,50
	MgO	1,70
		99,46

Der in Säuren unlösliche Bestandtheil ist wie bei der derben Schlacke (siehe oben) einem Metasilicat, der zugeschlagenen Augitschlacke, angehörig und muss daher abgerechnet werden. Er rührt jedenfalls von den Verunreinigungen her, welche den Krystallen anhafteten und welche auf keinerlei Weise entfernt werden konnten. Da nun 4,98 % Eisenoxydul 4,15 % Kieselsäure erfordern, welche von der Hauptmasse der Kieselsäure abgezogen werden müssen, so ergeben sich folgende Procentzahlen der Analyse.

Analyse VIa.

Unlöslicher Theil:				Löslicher Theil:		Quotient:	
Kohle	1,12	SiO_2	4,15	SiO_2	20,36	0,339	$\overset{IV}{R}$
		FeO	4,98	Al_2O_3	10,25	0,099	$\overset{III}{R_2}$
				PbO	6,94	0,031	
				ZnO	33,42	0,412	
				FeO	13,04	0,181	$\overset{II}{R_1}$
				MnO	3,50	0,049	
				MgO	1,70	0,042	

Auch hier ist der Thonerdegehalt einer einfachen Interpretation der Formel hinderlich. Es wurde versucht die Formel auf den Typus des Meliliths zurückzuführen, wodurch sich dann folgende Formel

$$(Pb_2Zn_{20}Fe_9Mn_2Mg_2)Si_{12}O_{59} + 5Al_2SiO_5$$ ergab.

Der Formel nach, welche so grosse Aehnlichkeit mit dem Typus des Meliliths aufweist, sollte man bei den Krystallen auch pyramidalen Habitus finden. Die morphologischen Beobachtungen sprechen jedoch dagegen und lassen die Existenz eines Chrysolith-ähnlichen Orthosilicates neben einem Aluminate wahrscheinlicher erscheinen.

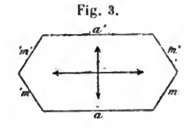
Von den säulenförmigen Krystallen wurden vier der Messung unterzogen. Sie haben prismatischen Habitus und weisen je sechs Flächen auf, welche alle in der Prismenzone liegen. Alle Flächen sind ohne Ausnahme stark gekrümmt und zeigen die schon beim Stücke 8813 erwähnten elliptischen Cavernen. Andere Flächen als die in der Prismenzone liegenden konnten nicht gefunden werden. Die Flächen aa' gehören (vergl. unten) zur Form $\infty\breve{P}\infty$, $m, m', 'm, 'm'$ zur Form ∞P.

Die Messungen ergaben folgende Resultate.

	Krystall I.	II.	III.	IV.	Mittel:	Chrysolith *):
$a : m =$	59°48′	59°50′	59°50′	59°45′	59°48′	$a : h =$ 59°36′
$m : m' =$	60 11	60 9	60 0	59 49	60 2	$h : h' =$ 60 48
$m' : a' =$	60 0	59 55	60 1	69 57	59 58	
$a' : 'm' =$	60 3	60 1	59 49	60 1	59 59	
$'m' : 'm =$	60 6	60 6	59 45	59 46	59 56	
$'m : a =$	59 50	60 5	60 0	60 4	59 59	

Nach diesen Messungen zu urtheilen, sollte ein wahres hexagonales Prisma vorliegen **). Die optische Untersuchung lässt jedoch die Annahme des hexagonalen Systems nicht zu. Ein Krystall wurde nämlich möglichst parallel $0P$ geschliffen; es zeigte sich nun im Schliffe kein einaxiges Axenbild, wohl aber orientirte Schwingungen, so dass daraus auf optische Zweiaxigkeit und prismatisches System geschlossen werden kann. Die Auslöschungrichtungen auf der Schnittfläche $0P$ sind parallel der vorderen Pinakoidfläche und senkrecht darauf (Fig. 3).

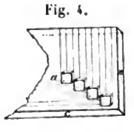
Fig. 3.



Auf den Säulenflächen zeigt sich gerade Auslöschung. Die Wirkung der Krystalle auf die Lage des dunklen Streifens am Babinet'schen Compensator ist eine minimale und nur mit Schwierigkeit lässt sich überhaupt eine Verschiebung feststellen.

β) Tafelförmige Krystalle. Diese tafelförmig ausgebildeten Krystalle, welche neben den säulenförmigen vorkommen, sind sehr wenig an der Zahl und es konnte daher von diesen eine Analyse nicht gemacht werden. Meistens sind sie vollkommen mit der Grundmasse verwachsen und nur wenige sind frei entwickelt und zeigen plattenförmigen, quadratischen Habitus. Von diesen wurden zwei braune und etwas durchsichtige Krystalle untersucht.

Fig. 4.



Der erste Krystall (Fig. 4) ist treppenförmig aus ein-

*) Miller, Mineralogy, p. 316.

**) Hexagonale Prismen weist die bereits im § 1, c erwähnte Bleisilicatschlacke auf, welche von Dana und Penfield untersucht wurde.

zelnen Lamellen aufgebaut und nach aussen hin allmählich auskeilend; dadurch und dass er längs einer Diagonale eine Reihe von kleinen cubischen Krystallen zeigt, erinnert er an die Napfbildungen von Salzkrystallen, wie sie sich in den Sudpfannen bilden. Im polarisirten Lichte zeigen sich lebhafte Interferenzfarben, die mit dem lamellaren Aufbau des Krystalles schichtenweise wechseln.

Dieser Krystall ergab bei der Messung folgende Resultate:

	Chrysolith *):
$a : c = 90^0 12$	$a : c = 90^0 0'$
$c : a' = 89\ 59$	$c : a' = 90\ 0$
$a : a' = 180\ 20$	$a : a' = 180\ 0$
$a' : n = 115\ 40$	
$n : a = 65\ 24$	$a : n = 65\ 1$

Die Flächen wurden im Vergleich mit Miller's Chrysolith genannt a (100), c(001), n(120) und die Uebereinstimmung der Winkel berechtigt dazu.

Die Auslöschungsrichtung ist auf a eine gerade. Der Krystall ist optisch zweiaxig, die beiden Axen treten durch die Fläche a unter einem sehr grossen Winkel aus**), so dass mit dem Condensor bloss Lemniscaten sichtbar sind. Mit dem Quarzkeil geprüft, scheint der Krystall für diese Bisectrix optisch negativ zu sein. Es stimmt dies mit den Beobachtungen von Des Cloizeaux über die Richtung der zweiten negativen Mittellinie am Chrysolith.

Der zweite Krystall zeigt deutlich zonare Structur verbunden mit regelmässiger Einlagerung von cubischen Opaciten, die entweder als Mangansulfür oder als Magnetit gedeutet werden könnten.

§ 3. Anhang: Thallium- und Lithium-haltender Dolomit von Raibl.

Das taube Nebengestein, in dem sich die Raibler Bleiglanzlagerstätten befinden, ist dolomitischer Natur; dasselbe wurde zu wiederholten Malen untersucht und fand v. Kripp***) bei zwei Stücken folgende chemische Zusammensetzung:

	I.	II.
$CaCO_3$	55,42	50,30
$MgCO_3$	43,82	39,41
Thon	0,6	—
$ZnO + FeO$	—	10,02

*) Miller, An Elementary Introduction to Mineralogy, p. 316.

**) Hier ist zu erwähnen, dass die Krystalle eines ZnO- und FeO-Olivins von Freiberg nach $\infty\breve{P}\infty$ tafelartig entwickelt, auf dieser Fläche Axenbilder zeigen mit sehr grossem Axenwinkel. Vogt, Studien über Schlacken. Diese Zeitschr. 11, 323.

***) Siehe Pošepny, J. d. geol. Reichsanst. 1873, S. 342.

Die Analyse I ist vom grauen feinkörnigen Dolomit vom Nordfeldorte des Maria Theresiaschlages im Franz Erbstollen aus der Nähe von Erzen. Die Analyse II betrifft dunklen feinkörnigen Stinkkalk.

Das Stück, welches ich untersuchte, ist feinkörniger Dolomit, von grauer Farbe. In der Mitte ist die Farbe weiss und der innere weisse Theil symmetrisch nach rechts und links durch Zinkblendegänge von den äusseren Theilen geschieden. Das Handstück stammt aus dem Sebastianstollen.

Eine separate Prüfung auf Thon, Zink, Blei und Baryum ergab negative Resultate. Bei 100° getrocknet verlor die Substanz 0,05 % hygroskopischer Feuchtigkeit. Bituminöse Bestandtheile sind in diesem Stücke nicht vorhanden. Dagegen fanden sich Spuren von Eisen und es konnte mit dem Spectroskope sehr deutlich das Vorhandensein von Thallium und Lithium constatirt werden. Die Analyse ergab folgende Zusammensetzung des Dolomites:

Analyse VII.

$CaCO_3$	53,50
$MgCO_3$	46,51
Fe, Tl, Li	Spuren.

Zur Untersuchung des Dolomites auf etwaigen Thallium- und Lithiumgehalt wurde ich durch die von Kobell*) veröffentlichten Angaben geführt. v. Kobell hatte Schalenblende von Raibl untersucht und wirklich Thallium constatirt. Auch ich unterzog ein Stück Zinkblende von Raibl der Prüfung. Die Probe wurde in Salzsäure gelöst, eingedampft und die oberste Kruste in der Flamme verbrannt, wobei mit dem Handspectroskop deutlich das Vorhandensein von Lithium und Thallium constatirt werden konnte. Ebenso wies auch der Dolomit, der die Zinkblende begleitet, einen Lithium- und Thalliumgehalt auf.

Um die Menge des vorhandenen Thalliums festzustellen, wurden 12,9045 g Dolomit zu einer speciellen Analyse auf Thallium und etwa vorhandene andere Bestandtheile ausser Kalk und Magnesia verwendet. In Essigsäure blieb ein dunkler Rückstand, der dann in Salzsäure gelöst und gefällt ward. Geglüht erwies er sich als Fe_2O_3. Die salzsaure Lösung dieses Eisens zeigte durch die gelbe Färbung mit Jodkalium und durch die Spectrallinie das Vorhandensein von Thallium an. Da nun im Filtrate kein Thallium mehr nachgewiesen werden konnte, so ist anzunehmen, dass das ganze Thallium ein Bestandtheil des Eisen- oder Magnetkieses ist, der eingesprengt im Dolomit vorkommt. Die Menge des Eisens, welches als unlöslicher

*) Sitzungsber. der k. bayrischen Akad., math.-phil. Classe, 1878, 8, 552.

Rückstand blieb, betrug 0,0557 % Fe_2O_3 = 0,0835 % FeS_2. Der Procentgehalt an Thallium hingegen konnte nicht bestimmt werden.

Diese Untersuchungen wurden im mineralogischen Museum der k. k. Wiener Universität ausgeführt und ich erlaube mir meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Schrauf, den ergebensten Dank für die gütige Zuweisung dieser Arbeit und die zahlreichen Rathschläge geziemend auszudrücken.

Wien, 9. Juli 1892.

III. Ueber die Krystallform des Uranotil.

Von

P. Pjatnitzky (aus Charkow) z. Z. in Wien.

(Mit Tafel V, Fig. 1—19.)

Der Name »Uranotil« wurde im Jahre 1870 von Bořicky*) einem wasserhaltigen Silicate des Uranoxyd und Kalk gegeben, welches in Quarzdrusen und Adern des Flussspaths von Wölsendorf in Bayern vorkommt. Bořicky hat die chemische Analyse dieses neuen Minerals gemacht, während die krystallographische Bestimmung von v. Zepharovich ausgeführt wurde. Nach des Letzteren Beobachtungen zeigen die winzigen (2 mm lang, 0,1—0,03 mm breit) nadelförmigen Krystalle des Uranotil in der Prismenzone zwei breite parallele Flächen (*a*) zwischen zwei Paaren sehr schmaler Flächen (*m*). Das obere, freie, Ende ist durch zwei sehr schmale Flächen (*n*) zugespitzt, die in einer Zone mit den breiteren Verticalflächen liegen. Nach diesen Angaben müsste der Habitus der Formen des Uranotils ähnlich sein der Fig. 1 auf Taf. V. Zepharovich gab nämlich folgende Winkel an:

$a : m =$	98^0 (82^0),	Grenzwerthe =	$97^0 — 103^0\,30'$ ($83^0 — 76^0\,30'$)
$m : m =$	164 (16),	- =	158 — 170 0 (22 — 10 0)

Auf Grund dieser wenig zuverlässigen Schimmermessungen hielt v. Zepharovich sich berechtigt, für das Mineral das rhombische System anzunehmen und die Formen zu erklären als Combination von vier Flächen des Prisma {110} *m* und zwei Flächen des Pinakoids {010} *a* mit einem unmessbaren Brachydoma (*n*), obgleich der Prismenwinkel von 16^0 eine ab-

*) Bořicky, Mineralogische Mittheilungen. Uranotil, ein neues Mineral von Wölsendorf in Bayern. Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag. Jahrgang 1870, Januar-Juli, S. 35 etc. Siehe auch: Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1878, S. 211—212, 353—354; 1870, S. 238; 1879, S. 101—102, 214. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin, Jahrg. III, 1870, S. 307, 805—806. Neues Jahrb. für Min. 1870, S. 780.

norme Grösse ist. Es bleibt für uns aber ganz unverständlich, wie es kam, dass v. Zepharovich, trotz vieler (25) Messungen, die Grundform des Minerals ganz übersehen hat. Die gemessene Prismenzone ist immer durch das Auftreten von vier breiten, nahezu gleichmässig entwickelten Flächen charakterisirt. Die übrigen Prismenflächen sind äusserst schmal, treten verhältnissmässig selten auf und verändern, im wesentlichen, nur wenig den vierseitigen Querschnitt der Krystallsäulen.

Im Jahre 1873 hat Prof. Schrauf*) einige Krystallnadeln des Uranotils von Joachimsthal gemessen. Nach dessen Beobachtungen stellen die Krystalle ein fast rechtwinkliges Prisma dar, welches schief durch eine Basisfläche abgestumpft ist (Fig. 2)**). Angenommen wurde $m = \{110\}$, $c = \{001\}$, gemessen wurden die Winkel:

$$\begin{aligned} m : m' &= 97^0 \\ m : 'm' &= 82\tfrac{1}{2} \\ c : m &= 84 \end{aligned}$$

Obgleich Prof. Schrauf die physikalische Verschiedenheit der Flächen mm' übersehen hat (weil sie ohne Mikroskop auch nicht zu unterscheiden sind) (vergl. später S. 77), sind doch zum ersten Male die drei, von uns als Pinakoidflächen angenommenen Hauptflächen erkannt und deren Distanzen so scharf gemessen worden, dass durch sie die Species genügend genau charakterisirt wird.

In demselben Jahre 1873 wurde von A. Weisbach***) in der Grube »Weisser Hirsch« zu Neustädtel (Schneeberg) ein neues, mit Zeunerit, Walpurgin etc. vergesellschaftetes, Uransilicat gefunden, dessen von Pr. Winkler ausgeführte Analysen die Identität desselben mit Bořicky's Uranotil ergaben. Krystallographische Untersuchungen dieses Minerals von Schneeberg sind bis jetzt noch nicht bekannt gemacht worden.

Endlich werden von F. A. Genth†) einige Analysen eines Uranerzes aus der Flat Rock Mine, Mitchel Co., N.-Carolina, veröffentlicht, welche auf die Identität dieses Vorkommens mit dem Uranotil von Bořicky hinweisen. Es wurden daselbst in Granitadern kugelförmige Aggregate gefunden, deren Kern aus Uranpecherz besteht und von Gummit und amorphem Uranotil bedeckt ist.

---

*) Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt, 1873, **23**, mineralogische Mittheilungen, S. 138. Diese Arbeit ist in die »Descriptive Mineralogy« sixth edition 1892, S. 699, von E. S. Dana nicht aufgenommen.

**) Die grossen eingeklammerten Buchstaben beziehen sich auf unsere Krystallbestimmung, die kleinen Buchstaben auf die Bestimmung von Prof. Schrauf.

***) A. Weisbach, Neues Jahrb. für Min. etc. 1873, S. 296 und 316; 1880, **2**, 111. Siehe auch diese Zeitschr. 1882, **6**, 107.

†) Neues Jahrb. für Min. etc. 1880, **1**, 35. Diese Zeitschr. 1880, **4**, 385.

Damit sind unsere Kenntnisse über die Morphologie des Uranotils erschöpft.

Die von uns untersuchten Krystalle des Uranotil sind von drei Stufen des mineralogischen Museums der Wiener Universität — Nr. 4455, Nr. 8875 und 8874 — entnommen. Die Stufe Nr. 4455 von Schneeberg besteht aus einem Quarzgesteine, das mit dichtem Zeunerit und Uranotil durchdrungen ist. Stellenweise besitzt das Gestein kugelförmige Vertiefungen, deren Wände mit schönen citron- bis schwefelgelben Krystallnädelchen bedeckt sind.

Die Stufe Nr. 8875 von Joachimsthal besteht hauptsächlich aus schwarzbraunem Uranpecherz; die Vertiefungen in demselben sind mit grünen Kryställchen des Torbernit und gelben Nädelchen des Uranotil bedeckt. Die Stufe Nr. 8874, ebenfalls von Joachimsthal, besteht aus einem ausgewitterten Feldspath und rothbraunem Eliasit; die Höhlungen dieses Gesteins sind auch mit Kryställchen des Torbernit und Uranotil bedeckt.

Die nadelförmigen Krystalle des Uranotil sind 1 bis 3 mm lang und 0,017—0,023 mm breit. Im Allgemeinen sind die Krystalle von Schneeberg etwas besser (länger und dicker) entwickelt, als diejenigen von Joachimsthal.

An den Krystallen wurde mittelst der mikrogoniometrischen Untersuchungsmethode nach Prof. Schrauf*) das Auftreten von folgenden Flächen sicher gestellt.

Flächentabelle.

$A(100)$	$p(111)$	$\varepsilon(8\bar{1}1)$
$B(010)$	$s(1\bar{1}1)$	$\sigma(7\bar{1}1)$
$l(210)$	$\pi(\bar{1}33)$	$\mu(\bar{1}\bar{1}.\bar{1}.1)$
$r(610)$	$\Theta(\bar{1}\bar{3}3)$	$\gamma(\bar{1}\bar{0}.\bar{1}.1)$
$u(160)$	$\Sigma(11.\bar{2}\bar{0}.11)$	$T(011)$
$o(170)$	$\delta(\bar{2}\bar{0}.9.9)$	$D(101)$
$t(1.12.0)$	$\alpha(17.\bar{1}.1)$	$C(001)$.
$\omega(1.20.0)$	$\beta(10.\bar{1}.1)$	

Ueber den Charakter dieser Flächen wäre Folgendes zu bemerken.

Mit freiem Auge sind nur die zwei Paare Verticalflächen $_{,}A(100)$, $A'(\bar{1}00)$ und $'B(0\bar{1}0)$, $B_{,}(010)$ sichtbar, die ein scheinbar rechtwinkliges Prisma bilden.

Mit Hülfe einer Lupe unterscheidet man noch bei gut entwickelten Krystallen die Spaltungsfläche $p(111)$ und einige der langen und schmalen

*) A. Schrauf, Ueber die Combination von Mikroskop und Reflexionsgoniometer zum Behufe der Winkelmessungen. Siehe diese Zeitschr. 1892, **20**, 90.

Flächen $\alpha(17.\bar{1}.1)$, $\beta(10.\bar{1}.1)$, $\varepsilon(8\bar{1}1)$, $\sigma(7\bar{1}1)$, $\gamma(\overline{10}.\bar{1}.1)$ und $\mu(\overline{11}.\bar{1}.1)$. Die übrigen Flächen sind nur unter dem Mikroskope sichtbar.

Die Flächen $,A(100)$ und $'A(\bar{1}00)$ sind sehr stark glänzend und gut entwickelt (0,017—0,023 mm breit). An den Krystallen von Schneeberg sind diese Flächen vollständig glatt; selten sind sie durch einen scharfen Längsstreifen in zwei Leisten getheilt; noch seltener bemerkt man einzelne Querrisse. An den von Joachimsthal stammenden Krystallen zeigen diese Flächen eine sehr zarte, kaum merkbare, feine Längsstreifung. Diese Flächen geben grosse, aber verzogene und nicht selten zerrissene Signale. Parallel diesen Flächen A verläuft eine sehr gut ausgesprochene Spaltungsebene.

Die Flächen $B,(010)$, $'B(0\bar{1}0)$ sind in der Regel etwas schmäler als $,A(100)$, $A'(\bar{1}00)$ und besitzen einen geringeren Glanz. Unter dem Mikroskope erkennt man, dass diese Flächen stark längsgestreift und gefasert sind, wobei die einzelnen Fasern nicht selten auch quer zerrissen sind. Die Signale von diesen Flächen sind sehr undeutlich und fast immer mehrfach. Diese Flächen B sind wahrscheinlich die Richtung einer sehr unvollkommenen Spaltbarkeit.

Die Flächen $'\omega(\bar{1}.\overline{20}.0)$, $\omega,(1.20.0)$, $o(\bar{1}70)$ und $t(1.12.0)$ sind nur gelegentlich stark entwickelt und treten an Stelle der Flächen $B,(010)$, $'B(0\bar{1}0)$ auf, oder sie sind, wie auch die übrigen Prismenflächen $u(\bar{1}\bar{6}0)$, $r'(\bar{6}10$, $,r(6\bar{1}0)$, $'l(\bar{2}\bar{1}0)$, $l,(210)$ nur unter dem Mikroskope sichtbar und treten, untergeordnet mit $'B(0\bar{1}0)$, $B,(010)$, als sehr schmale, glänzende Längsstreifen auf. Alle diese schmalen Prismenflächen geben sehr schwache, aber kleine und einheitliche Signalbilder, deren Einstellung viel genauer ausgeführt werden konnte, als die der Flächen $,A(100)$, $A'(\bar{1}00)$, $'B(0\bar{1}0)$, $B,(010)$.

Von den Endflächen ist nur die Spaltungsfläche $P(111)$ ziemlich gut entwickelt, welche sehr stark glänzend ist und ein gutes, deutliches Signal giebt.

Die Flächen $s(1\bar{1}1)$, $\pi(\bar{1}33)$, $\Theta(\bar{1}\bar{3}3)$, $\Sigma(11.\overline{20}.11$, $\delta(\overline{20}.9.9)$, $D(101)$, $C(001)$ und $T(011)$ sind äusserst klein, geben keine Signale, sind aber so stark glänzend, dass die mikroskopischen Schimmermessungen, bei Einstellung auf stärksten Glanz, über alle Erwartungen genaue Resultate gaben.

Etwas grösser entwickelt als die vorbenannten sind die Pyramidenflächen $\alpha(17.\bar{1}.1)$, $\beta(10.\bar{1}.1)$, $\varepsilon(8\bar{1}1)$ $\sigma(7\bar{1}1)$, $\mu(\overline{11}.\bar{1}.1)$, $\gamma(\overline{10}.1.1)$, welche der Zone $,A(100)$, $s(1\bar{1}1)$, $A'(\bar{1}00)$ angehören und sehr schmale Abstumpfungen von A bilden. Sie treten ziemlich häufig auf und sind gegen einander unter sehr stumpfem Winkel geneigt.

Die Messungen selbst wurden nach der von Prof. Schrauf angegebenen mikrogoniometrischen Methode ausgeführt. Bei Messung der sämmtlichen Prismenflächen und $p(111)$ wurde das Ramsden'sche Ocular benutzt, und die als Signal dienende Flamme der Gaslampe durch einen Schirm mit ausgeschnittenem Kreuzspalte abgeblendet. Bei Einstellung

der übrigen Flächen wurde das gewöhnliche Ocular des Mikroskopes benutzt, wobei die Beleuchtung der Flächen durch die volle Flamme erfolgte.

Meine Beobachtungen führten zu folgenden Resultaten.

Triklines Axensystem, Axenverhältniss $a:b:c = 0{,}6257:1:0{,}5943$; Neigung der Axen: $\xi = 87^0\,41'$, $\eta = 85^0\,18'$, $\zeta = 96^0\,31'$.

Winkeltabelle von prismatischen Flächen.

Combination (100) zu:	Beobachtet:	Berechnet:	B. — R.:	Zahl der gemessenen Kanten:
$B,(010)$	= 83° 24′	83° 16′	+ 8′	34
$'B(0\bar{1}0)$	= 96 38	96 44	— 6	34
$\omega(1.20.0)$	= 79 43	79 2	+ 41	3
$r(610)$	= 5 23	5 58	— 35	3
$u(160)$	= 69 0	68 51	+ 9	1
$o(170)$	= 71 20	70 47	+ 33	1
$l(210)$	= 15 52	16 39	— 47	4
$t(1.12.0)$	= 75 59	75 50	+ 9	1

Winkeltabelle von pyramidalen und domatischen Flächen.

Neigung von nachstehenden Flächen zu:		$A(100)$	$B(010)$	$C(001)$
$c(001)$	=	95° 0′	92° 53′	0° 0′
$p(111)$	=	50 30	63 30	53 2
$D(101)$	=	48 56	87 20	46 4
$T(011)$	=	90 52	61 21	31 32
$\pi(\bar{1}33)$	=	— 73 34	64 37	32 46
$\Theta(\bar{1}\bar{3}3)$	=	— 68 3	— 57 28	33 24
$s(1\bar{1}1)$	=	55 55	— 67 56	48 20
$\delta(\bar{2}\bar{0}.9.9)$	=	— 28 0	82 58	61 33
$\Sigma(11.\bar{2}\bar{0}.11)$	=	63 40	— 52 12	54 26
$\alpha(17.\bar{1}.1)$	=	4 12	— 94 28	91 22
$\beta(10.\bar{1}.1)$	=	7 9	— 92 52	88 49
$\varepsilon(8\bar{1}1)$	=	8 57	— 91 53	87 15
$\sigma(7\bar{1}1)$	=	10 14	— 91 11	86 8
$\mu(\bar{1}\bar{1}.\bar{1}.1)$	=	— 6 18	— 79 55	79 34
$\gamma(\bar{1}\bar{0}.\bar{1}.1)$	=	— 6 55	— 79 36	79 2

Alle hier bezeichneten Flächen sind in der sphärischen Projection (Fig. 3, Taf. V) vereinigt; die schematische Gestalt wird durch die Fig. 4 versinnlicht.

Beobachtungen.

Im Nachfolgenden habe ich die durchgeführten Beobachtungen nach den Fundorten der betreffenden Krystalle zusammengestellt.

Schneeberg.

Krystall I (Fig. 5). Beobachtete Flächen: ,A(100), 'B(0$\bar{1}$0), 'ω($\bar{1}$.$\bar{20}$.0), A'($\bar{1}$00), r'($\bar{6}$10), B,(010), ε(8$\bar{1}$1), γ($\bar{10}$.$\bar{1}$.1).

		Beobachtet:	Berechnet:	B. — R.:
,A(100):'B(0$\bar{1}$0)	=	96° 40′	96° 44′	— 0° 4′
'B(0$\bar{1}$0):'ω($\bar{1}$.$\bar{20}$.0)	=	3 5	4 14	— 1 9
'ω($\bar{1}$.$\bar{20}$.0):A'($\bar{1}$00)	=	79 45	79 2	+ 0 43
A'($\bar{1}$00): r'($\bar{6}$10)	=	5 30	5 58	— 0 28
r'($\bar{6}$10):B,(010)	=	90 35	90 46	— 0 11
B,(010):,A(100)	=	84 25	83 16	+ 1 9
,A(100): ε(8$\bar{1}$1)	=	8 43	8 57	— 0 14
ε(8$\bar{1}$1): γ($\bar{10}$.$\bar{1}$.1)	=	164 55	164 8	+ 0 47
γ($\bar{10}$.$\bar{1}$.1):A'($\bar{1}$00)	=	7 5	6 55	+ 0 10

Krystall II (Fig. 6). Beobachtete Flächen: ,A(100), 'B(0$\bar{1}$0), u($\bar{1}$60), A'($\bar{1}$00), B,(010), δ($\bar{20}$.9.9), T(011), Σ(11.$\bar{20}$.11), D(101).

		Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
,A(100):'B(0$\bar{1}$0)	=	97° 40′	96° 44′	+ 0° 56′
'B(0$\bar{1}$0): u($\bar{1}$60)	=	13 35	14 26	— 0 51
u($\bar{1}$60):A'($\bar{1}$00)	=	69 0	68 51	+ 0 9
A'($\bar{1}$00):B,(010)	=	96 25	96 44	— 0 19
B,(010):,A(100)	=	83 20	83 16	+ 0 4
A'($\bar{1}$00): δ($\bar{20}$.9.9)	=	28 20	28 0	+ 0 20
δ($\bar{20}$.9.9): T(011)	=	60 40	61 8	— 0 28
T(011):,A(100)	=	90 55	90 52	+ 0 3
'B(0$\bar{1}$0): Σ(11.$\bar{20}$.11)	=	52 40	52 12	+ 0 28
D(101):B,(010)	=	90 0 ca.	87 20	

Krystall III (Fig. 7). Beobachtete Flächen: A'($\bar{1}$00), ω,(1.20.0), ,A(100), 'B(0$\bar{1}$0), Θ($\bar{1}\bar{3}$3).

		Beobachtet:	Berechnet:	B. — R.:
A'($\bar{1}$00):ω,(1.20.0)	=	98° 55′	100° 58′	— 2° 3′
ω,(1.20.0):,A(100)	=	80 0	79 2	+ 0 58
,A(100):'B(0$\bar{1}$0)	=	96 45	96 44	+ 0 1
'B(0$\bar{1}$0):A'($\bar{1}$00)	=	84 20	83 16	+ 0 4
A'(100): Θ($\bar{1}\bar{3}$3)	=	68 30	68 3	+ 0 27
Θ($\bar{1}\bar{3}$3):,A(100)	=	111 37	111 57	— 0 20

Krystall IV (Fig. 8). Beobachtete Flächen: A'($\bar{1}$00), ω,(1.20.0), ,A(100), o($\bar{1}\bar{7}$0).

		Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
A'($\bar{1}$00):ω,(1.20.0)	=	101° 3′	100° 58′	+ 0° 5′
ω,(1.20.0):,A(100)	=	79 25	79 2	+ 0 23
,A(100): o($\bar{1}\bar{7}$0)	=	108 12	109 13	— 1 1
o($\bar{1}\bar{7}$0):A'($\bar{1}$00)	=	71 20	70 47	+ 0 33

Krystall V (Fig. 9). Beobachtete Flächen: ,*A*(100), '*B*(0$\bar{1}$0), *A*'($\bar{1}$00), *B*,(010).

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
,*A*(100):'*B*(0$\bar{1}$0)	= 96° 40'	96° 44'	— 0° 4'
'*B*(0$\bar{1}$0):*A*'($\bar{1}$00)	= 83 5	83 16	— 0 11
A'($\bar{1}$00):*B*,(010)	= 98 40	96 44	+ 1 56
B,(010):,*A*(100)	= 82 0	83 16	— 1 16

Krystall VI (Fig. 10). Beobachtete Flächen: *A*'($\bar{1}$00), '*l*($\bar{2}\bar{1}$0), '*B*(0$\bar{1}$0), '*A*(100), *l*,(210), *B*,(010).

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
A'($\bar{1}$00): '*l*($\bar{2}\bar{1}$0)	= 15° 55'	16° 39'	— 0° 44'
'*l*($\bar{2}\bar{1}$0):'*B*(0$\bar{1}$0)	= 65 50	66 37	— 0 47
'*B*(0$\bar{1}$0):,*A*(101)	= 99 15	96 44	+ 2 31
,*A*(100): *l*,(210)	= 17 0	16 39	+ 0 21
l,(210):*B*,(010)	= 66 25	66 37	— 0 12
B,(010):*A*'($\bar{1}$00)	= 95 15	96 44	— 1 29

Krystall VII (vergl. oben Fig. 9). Beobachtete Flächen: ,*A*(100), '*B*(0$\bar{1}$0), *A*'($\bar{1}$00), *B*,(010).

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
,*A*(100):'*B*(0$\bar{1}$0)	= 97° 7'	96° 44'	+ 0° 23'
'*B*(0$\bar{1}$0):*A*'($\bar{1}$00)	= 81 9	83 16	— 2 7
A'($\bar{1}$00):*B*,(010)	= 97 59	96 44	+ 1 15
B,(010):,*A*(100)	= 83 43	83 16	+ 0 27

Krystall VIII (Fig. 11). Beobachtete Flächen: ,*A*(100), '*B*(0$\bar{1}$0), *A*'($\bar{1}$00), *B*,(010), σ(7$\bar{1}$1), μ($\bar{1}\bar{1}$.$\bar{1}$.1).

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
,*A*(100):'*B*(0$\bar{1}$0)	= 96° 40'	96° 44'	— 0° 4'
'*B*(0$\bar{1}$0):*A*'($\bar{1}$00)	= 83 45	83 16	+ 0 29
A'($\bar{1}$00):*B*,(010)	= 96 0	96 44	— 0 44
B,(010):,*A*(100)	= 83 40	83 16	+ 0 24
,*A*(100): σ(7$\bar{1}$1)	= 10 0	10 14	— 0 14
μ($\bar{1}\bar{1}$.$\bar{1}$.1):*A*'($\bar{1}$00)	= 6 10	6 18	— 0 8

Krystall IX (Fig. 12). Beobachtete Flächen: ,*A*(100), '*B*(0$\bar{1}$0), *A*'($\bar{1}$00), *B*,(010), *C*(001).

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
,*A*(100):'*B*(0$\bar{1}$0)	= 97° 40'	96° 44'	+ 0° 46'
'*B*(0$\bar{1}$0):*A*'($\bar{1}$00)	= 82 10	83 16	— 1 6
A'($\bar{1}$00):*B*,(010)	= 97 35	96 44	+ 0 51
B,(010):,*A*(100)	= 82 35	83 16	— 0 41
,*A*(100): *C*(001)	= 94 58	95 0	— 0 2

	Beobachtet:	Berechnet:	B. — R.:
$C(001):A'(\bar{1}00)$ =	84° 55′	85° 0′	— 0° 5′
$'B(0\bar{1}0): C(001)$ =	87 0	87 7	— 0 7
$C(001):B,(010)$ =	92 53	92 53	0 0

Krystall X (Fig. 13). Beobachtete Flächen: $,A(100)$, $B,(010)$, $A'(\bar{1}00)$, $'B(0\bar{1}0)$, $\alpha(17.\bar{1}.1)$, $\sigma(7\bar{1}1)$, $\gamma(\bar{1}\bar{0}.\bar{1}.1)$.

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
$,A(100):B,(010)$ =	84° 52′	83° 16′	+ 1° 36′
$B,(010):A'(\bar{1}00)$ =	95 48	96 44	— 0 56
$A'(\bar{1}00):'B(0\bar{1}0)$ =	85 12	83 16	+ 1 56
$'B(0\bar{1}0):,A(100)$ =	94 8	96 44	— 2 36
$,A(100): \alpha(17.\bar{1}.1)$ =	4 15	4 12	+ 0 3
$\alpha(17.\bar{1}.1): \sigma(7\bar{1}1)$ =	5 40	6 2	— 0 22
$\sigma(7\bar{1}1): \gamma(\bar{1}\bar{0}.\bar{1}.1)$ =	164 10	162 51	+ 1 19
$\gamma(\bar{1}\bar{0}.\bar{1}.1):A'(\bar{1}00)$ =	7 0	6 55	+ 0 5

Krystall XI (Fig. 14). Beobachtete Flächen: $,A(100)$, $l,(210)$, $B,(010)$, $r'(\bar{6}10)$, $A'(\bar{1}00)$, $'l(\bar{2}\bar{1}0)$, $'B(0\bar{1}0$, $,r(6\bar{1}1)$, $\mu(\bar{1}\bar{1}.\bar{1}.1)$, $\beta(10.\bar{1}.1)$.

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
$,A(100): l,(210)$ =	15° 40′	16° 39′	— 0° 59′
$l,(210):B,(010)$ =	68 20	66 37	+ 1 43
$B,(010):r'(\bar{6}10)$ =	90 20	90 46	— 0 26
$r'(\bar{6}10):A'(\bar{1}00)$ =	5 10	5 58	— 0 38
$A'(\bar{1}00): 'l(\bar{2}\bar{1}0)$ =	14 55	16 39	— 1 44
$'l(\bar{2}\bar{1}0):'B(0\bar{1}0)$ =	68 55	66 37	+ 2 18
$'B(0\bar{1}0):,r(6\bar{1}1)$ =	91 10	90 46	+ 0 36
$,r(6\bar{1}1):,A(100)$ =	5 30	5 58	— 0 28
$A'(\bar{1}00): \mu(\bar{1}\bar{1}.\bar{1}.1)$ =	6 22	6 18	+ 0 4
$\mu(\bar{1}\bar{1}.\bar{1}.1): \beta(10.\bar{1}.1)$ =	166 38	166 33	+ 0 5
$\beta(10.\bar{1}.1):,A(100)$ =	7 2	7 9	— 0 7

Krystall XII (vergl. vorn Fig. 9). Beobachtete Flächen: $,A(100)$, $B,(010)$, $A'(\bar{1}00)$, $'B(0\bar{1}0)$.

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
$,A(100):B,(010)$ =	84° 25′	83° 16′	+ 1° 9′
$B,(010):A'(\bar{1}00)$ =	96 15	96 44	— 0 29
$A'(\bar{1}00):'B(0\bar{1}0)$ =	82 15	83 16	— 1 1
$'B(0\bar{1}0):,A(100)$ =	97 5	96 44	+ 0 21

Krystall XIII (Fig. 15). Beobachtete Flächen: $,A(100)$, $l(1.12.0)$, $A'(\bar{1}00)$, $'B(0\bar{1}0)$.

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.
$,A(100): t(1.12.0) =$	75° 59′	75° 50′	+ 0° 9′
$t(1.12.0): A'(\bar{1}00) =$	103 35	104 10	— 0 35
$A'(\bar{1}00): 'B(0\bar{1}0) =$	83 10	83 16	— 0 6
$'B(0\bar{1}0): ,A(100) =$	96 57	96 44	+ 0 13

Joachimsthal.

Krystall XIV (Fig. 16). Beobachtete Flächen: $,A(100)$, $'B(0\bar{1}0)$, $A'(\bar{1}00)$, $B,(010)$, $p(111)$, $s(1\bar{1}1)$.

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
$,A(100): 'B(0\bar{1}0) =$	95° 5′	96° 44′	— 1° 39′
$'B(0\bar{1}0): 'A(\bar{1}00) =$	86 5	83 16	+ 2 39
$'A(\bar{1}00): B,(010) =$	97 14	96 44	+ 0 30
$B,(010): ,A(100) =$	81 36	83 16	— 1 40
$'B(0\bar{1}0): s(1\bar{1}1) =$	66 55	67 56	— 1 1
$s(1\bar{1}1): p(111) =$	50 5	48 34	+ 1 29
$p(111): B,(010) =$	62 50	63 30	— 0 40
$A'(\bar{1}00): p(111) =$	129 50	129 30	+ 0 20
$p(111): ,A(100) =$	50 10	50 30	— 0 20

Krystall XV (vergl. oben Fig. 16). Beobachtete Flächen: $,A(100)$, $B,(010)$, $A'(\bar{1}00)$, $'B(0\bar{1}0)$, $p(111)$, $s(1\bar{1}1)$.

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
$,A(100): B,(010) =$	82° 57′	83° 16′	— 19′
$B,(010): A'(\bar{1}00) =$	96 3	96 44	— 41
$A'(\bar{1}00): 'B(0\bar{1}0) =$	83 27	83 16	+ 11
$'B(0\bar{1}0): ,A(100) =$	97 33	96 44	+ 49
$,A(100): p(111) =$	50 35	50 30	+ 5
$p(111): A'(\bar{1}00) =$	129 25	129 30	— 5
$'B(010): s(1\bar{1}1) =$	68 25	67 56	+ 29
$s(1\bar{1}1): p(111) =$	48 20	48 34	— 14
$p(111): B,(010) =$	65 30	63 30	— 0

Krystall XVI (Fig. 17). Beobachtete Flächen: $A'(\bar{1}00)$, $B,(010)$, $,A(100)$, $'B(0\bar{1}0)$, $T(011)$, $s(1\bar{1}1)$.

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
$A'(\bar{1}00): B,(010) =$	95° 20′	96° 44′	— 1° 24′
$B,(010): ,A(100) =$	84 5	83 16	+ 0 49
$,A(100): 'B(0\bar{1}0) =$	96 15	96 44	— 0 29
$'B(0\bar{1}0): A'(100) =$	84 20	83 16	+ 1 4
$B,(010): T(011) =$	61 30	61 21	+ 0 9
$T(011): 'B(0\bar{1}0) =$	118 25	118 39	— 0 14
$'B(0\bar{1}0): s(1\bar{1}1) =$	68 25	67 56	+ 0 29
$s(1\bar{1}1): B,(010) =$	111 30	112 4	— 0 34

Krystall XVII (vergl. vorn Fig. 16). Beobachtete Flächen: ,*A*(100), '*B*($0\bar{1}0$), *A*'($\bar{1}00$), *B*,(010), *p*(111), *s*($1\bar{1}1$).

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
,*A*(100):'*B*($0\bar{1}0$)	= 95° 35'	96° 44'	— 1° 9'
'*B*($0\bar{1}0$):*A*'($\bar{1}00$)	= 84 8	83 16	+ 0 52
A'($\bar{1}00$):*B*,(010)	= 96 21	96 44	— 0 23
B,(010):,*A*(100)	= 83 57	83 16	+ 0 41
B,(010): *p*(111)	= 63 42	63 30	+ 0 12
p(111): *s*($1\bar{1}1$)	= 48 48	48 34	+ 0 14
s(111):'*B*($0\bar{1}0$)	= 67 25	67 56	— 0 31

Krystall XVIII (vergl. vorn Fig. 9). Beobachtete Flächen: ,*A*(100), *B*,(010), *A*'($\bar{1}00$), '*B*($0\bar{1}0$).

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
,*A*(100):*B*,(010)	= 84° 10'	83° 16'	+ 54'
B,(010):*A*'($\bar{1}00$)	= 96 38	96 44	— 6
A'($\bar{1}00$):'*B*($0\bar{1}0$)	= 82 52	83 16	— 24
'*B*($0\bar{1}0$):,*A*(100)	= 96 20	96 44	— 24

Krystall XIX (Fig. 18). Beobachtete Flächen: ,*A*(100), *B*,(010), *A*'($\bar{1}00$), '*B*($0\bar{1}0$), π($\bar{1}33$), *p*(111).

	Beobachtet:	Berechnet:	B.—R.:
'*A*(100):*B*,(010)	= 83° 5'	83° 16'	— 0° 11'
B,(010):*A*'($\bar{1}00$)	= 96 50	96 44	+ 0 6
A'($\bar{1}00$):'*B*($0\bar{1}0$)	= 82 25	83 16	— 0 51
'*B*($0\bar{1}0$):,*A*(100)	= 97 45	96 44	+ 1 1
,*A*(100): π($\bar{1}33$)	= 106 0	106 26	— 0 26
π($\bar{1}33$):*A*'($\bar{1}00$)	= 73 55	73 34	+ 0 21
B,(010): *p*(111)	= 64 30	63 30	+ 1 0
p(111):'*B*($0\bar{1}0$)	= 115 45	116 30	— 0 45

Optische Verhältnisse.

Die nadelförmigen Krystalle des Uranotil, mit freiem Auge betrachtet, haben eine citron- oder schwefelgelbe Farbe. Die dünnen, durchsichtigen Spaltungslamellen nach *A*(100) zeigen unter dem Mikroskope die Radde'sche Farbe 36 (gelbgrüngrau) *q*—*t*. Der Dichroismus ist sehr schwach: die Lamellen nach *A*(100) werden etwas dunkler, wenn die Schwingungen des Nicols mit den Prismenkanten zusammenfallen. Dieselbe Erscheinung ist etwas merklicher, wenn wir die Krystalle auf den Flächen *B*(010) betrachten. — Im vollen polarisirten Lichte zeigen die dünnen Lamellen nach *A*(100), wenn sie 45° mit den Polarisationsebenen der Nicols bilden, die blaue Farbe erster Ordnung. Der Auslöschungswinkel, bezüglich der Prismenkanten, ist gleich 2°. Bei gekreuzten Nicols ist ziemlich scharfe Dunkel-

stellung möglich. Den Austritt der optischen Axen konnte man nicht beobachten. Mit dem Babinet'schen Compensator geprüft, verschieben die Lamellen nach $A(100)$ den schwarzen Streifen nach links, wenn die Lamellen rechtwinklig zu diesem Streifen liegen. Das Mineral verhält sich also wie eine optisch negative Lamelle und die Axe der grössten Elasticität $\mathfrak{a}$ fällt nahe zusammen mit der krystallographischen Axe a.

Uranophan.

Am Schlusse dieser Arbeit möchte ich noch hinzufügen, dass der Websky'sche Uranophan*), als dessen Varietät man überhaupt den Uranotil aufzufassen pflegt, eigentlich weniger genau als der Uranotil bestimmt ist. Während Uranotil, von allen oben erwähnten Fundorten, ziemlich übereinstimmende chemische Zusammensetzung hat, ist der Uranophan bis jetzt noch nicht in reinem Zustande gefunden, und seine Analysen von beiden bekannten Fundorten (Schlesien und Norwegen**) stimmen nicht überein. Nach den Berechnungen der Grundmann'schen Analysen des Uranophans aus Schlesien von v. Foullon***) muss wohl der Uranophan chemisch identisch mit Uranotil sein. Von krystallographischem Standpunkte, wegen Mangelhaftigkeit der Beobachtungen, kann diese Identität weder bestritten noch genügend bekräftigt werden.

Nach Websky sind die blasshoniggelben, nadelförmigen Krystalle des Minerals bis 0,08 mm breit, besitzen einen blätterigen Bruch und zeigen, bei 0,04 mm Dicke, zwischen gekreuzten Nicols (unter dem Mikroskope) 45° mit den Schwingungsrichtungen der Nicols bildend, blassblaue Farbe erster Ordnung. Diese Beobachtungen stimmen wohl ganz gut mit unserer Beschreibung des Uranotils überein. Die rein morphologische Schilderung des Minerals von Websky ist schon weniger genau. Es ist höchst wahrscheinlich, dass Websky (wie v. Zepharovich) die Grundgestalt des Minerals ganz übersehen und nur die ziemlich seltenen und untergeordneten Flächen gemessen hat. Er sagt nämlich, dass die guten Krystalle sechsseitige Prismen darstellen, die schlechten hingegen vierseitige. Damit ist erklärt, warum die vierseitigen Prismen, welche für das Mineral charakteristisch sind (als schlecht angesehen), gar nicht von Websky gemessen wurden. Seine guten Krystalle stellten sechsseitige Säulchen dar, wobei ein Paar der glänzenden Flächen, welches dem blätterigen Bruche entspricht, grösser entwickelt ist. Dazwischen liegen, auf beiden Seiten, zwei

*) Zeitschrift d. deutsch. geol. Gesellsch. 1853, **5**, 391, 398, 427; 1857, **9**, 378; 1870, **22**, 92. Neues Jahrb. f. Min. 1860, S. 810 etc.

) Geol. Fören. i Stockholm Forhandlinger, 1884, **7, 121—123. Diese Zeitschr. 1885, **10**, 504—505.

***) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1883, **33**, 1 etc. Ref. diese Zeitschr. **10**, 423.

schmale Flächen, welche abwechselnd auftreten. Das freie Ende der Säulchen ist mit einem Paare von Domenflächen zugespitzt, welche unter sich einen Winkel von weniger als 90° bilden. Die Combinationskanten dieser Domenflächen mit den breiteren Prismenflächen sind noch durch ein Paar schmale Flächen abgestumpft. Mit Hülfe des Wollaston'schen Goniometers, auf stärksten Glanz eingestellt, hat Websky nur einen Winkel zwischen einer breiteren und einer schmalen Prismenfläche = 107° (73°) gemessen. Daraus schliesst er, dass auch die übrigen drei correspondirenden Winkel gleich 107° (73°) sein müssen (?). Als Folgerung ergab sich ihm der Schluss, dass die schmalen Flächen sich unter 34° und 146° schneiden. Nach diesen Angaben könnte man den Habitus des Uranophan wie Fig. 19, Taf. V darstellen.

Wenn wir diese morphologische Schilderung des Uranophan von Websky mit unseren Beobachtungen am Uranotil zu vergleichen versuchen, so finden wir, dass die breiteren Spaltungsflächen unsere Flächen $A(100)$, $A'(\bar{1}00)$ sein können. Die schmäleren Prismenflächen mögen unseren o (70° 47') oder t (75° 50') entsprechen. Die grossen Domenflächen, weil deren Neigung bei so winzigen Krystallen mit freiem Auge geschätzt ist, können vielleicht unseren $s(1\bar{1}1)$, $\Theta(\bar{1}\bar{3}3)$ entsprechen, welche einander unter einem Winkel von 56° 2' treffen; die kleineren Domenflächen werden dann mit einem Paare von unseren Flächen α, β, ε, σ, μ, γ zu vergleichen sein. Jedenfalls ist es noch einmal zu betonen, dass Websky nur einen Winkel gleich 107° (73°) gemessen hat, aus dessen Werthe man selbstverständlich keine Schlüsse über den krystallographischen Charakter des Minerals ziehen darf.

Daher wäre es viel zweckmässiger, den Namen »Uranotil« für die ganze Species zu behalten und den Uranophan ohne weiteres an letzteren anzuschliessen, als ein chemisch identisches, krystallographisch aber noch nicht untersuchtes Mineral.

Diese Arbeit ist unter Leitung von Herrn Prof. Schrauf ausgeführt, dem ich hier den wärmsten Dank ausspreche.

Wien, mineralogisches Museum der Universität, 1892. 12. Juli.

IV. Ueber den Azurit vom Laurion-Gebirge in Griechenland.

Von

K. Zimányi in Budapest *).

(Hierzu Taf. V, Fig. 20—23.)

In neuerer Zeit gelangten in die Sammlungen sehr schöne Exemplare des krystallisirten Azurites von Laurion.

Nachdem mir durch die Güte des Herrn Prof. J. A. Krenner Gelegenheit geboten wurde, zu den Messungen besonders geeignete Krystalle zu untersuchen, will ich meine Ergebnisse im Folgenden kurz mittheilen.

Wie ich an den Handstücken beobachten konnte, kommen die Azuritkrystalle auf dem den Limonit durchsetzenden unreinen Cuprit (Ziegelerz) vor; das gewöhnliche Begleitmineral ist dünnfaseriger Malachit.

Die Krystalle sind durchschnittlich 0,5—8 mm lang, bei einer Breite von 0,5—2 mm; zu den Messungen habe ich nur die kleinen (1—3 mm) Individuen ausgewählt, da diese die glattesten Flächen besassen. Das aufgewachsene Ende der Krystalle ist nicht selten, wenigstens oberflächlich, in Malachit umgewandelt.

Der Azurit von Laurion reiht sich, was die Schönheit der Krystalle und Anzahl der Formen anbelangt, den interessantesten Vorkommen von Chessy **), Arizona ***) und Utah †) an.

Die Krystalle weisen den häufigsten Typus dieses Minerals auf, indem dieselben gestreckt sind in der Richtung der Orthodiagonale; die Individuen

*) Aus dem ung. Original (Mathem. és természettud. Értesitö, 1892, **10**, 198) vom Verf. mitgetheilt. Vorgelegt der ung. Akademie in der Sitzung vom 16. Mai 1892 von Prof. J. A. Krenner.

) Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1871, **64, 123. Des Cloizeaux, Manuel, 1874, **2**, 190.

***) Diese Zeitschr. 1887, **12**, 319 und Americ. Journ. Sc. 1891, **41**, 300.

†) Diese Zeitschr. 1884, **8**, 532.

sind beinahe ausschliesslich mit einem Ende der Symmetrieaxe aufgewachsen. Meistens herrschen zwei oder drei Orthodomen den übrigen vor, wodurch der flachprismatische Habitus (Fig. 20 und 22, Taf. V) entsteht; seltener sind die Dimensionen der Dicke in den zwei Richtungen nahezu gleich (Fig. 23).

Sieben Krystalle wurden ausführlich gemessen und die folgenden 28 Formen beobachtet, von denen die mit einem * bezeichneten neu sind. Die Symbole sind auf die Grundform Haidinger's*), Zippe's**) und Miller's***) bezogen, welche auch Dana†) annahm.

$a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$	$l = \{023\}\frac{2}{3}\breve{P}\infty$
$b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$	$f = \{011\}\breve{P}\infty$
$c = \{001\}0P$	$p = \{021\}2\breve{P}\infty$
$\sigma = \{101\}-\bar{P}\infty$	$m = \{110\}\infty P$
$D = \{\bar{1}04\}\frac{1}{4}\bar{P}\infty$	$h = \{221\}-2P$
$F = \{\bar{2}07\}\frac{2}{7}\bar{P}\infty$	$s = \{111\}-P$
$A = \{\bar{1}03\}\frac{1}{3}\bar{P}\infty$	$Q = \{223\}-\frac{2}{3}P$
$^{*}I = \{\bar{2}05\}\frac{2}{5}\bar{P}\infty$	$k = \{\bar{2}21\}2P$
$n = \{\bar{1}02\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$	$x = \{\bar{1}11\}P$
$^{*}T = \{\bar{4}05\}\frac{4}{5}\bar{P}\infty$	$e = \{\bar{2}45\}\frac{4}{5}\breve{P}2$
$\Theta = \{\bar{1}01\}\bar{P}\infty$	$d = \{\bar{2}43\}\frac{4}{3}\breve{P}2$
$^{*}W = \{\bar{6}05\}\frac{6}{5}\bar{P}\infty$	$o = \{\bar{2}41\}4\breve{P}2$
$B = \{\bar{5}04\}\frac{5}{4}\bar{P}\infty$	$\gamma = \{121\}-2\breve{P}2$
$v = \{\bar{2}01\}2\bar{P}\infty$	$\varrho = \{\bar{1}34\}\frac{3}{4}\breve{P}3.$

In den negativen Oktanten ist die Zahl der Formen nicht gross, hingegen sind die positiven Orthodomen am zahlreichsten vertreten.

Die Flächen der Hemidomenzone zeigen eine mehr oder weniger starke Streifung, bei grösserer Ausdehnung sind dieselben auch etwas gekrümmt. Die Basis $\{001\}$ und die Querfläche $\{100\}$ haben eine glatte Beschaffenheit, oder ist an ihnen die Streifung nur schwach angedeutet; erstere Fläche ist grösser entwickelt als letztere.

In der Orthodomenzone sind die häufigsten Formen $\{100\}$, $\{001\}$, $\{101\}$, $\{\bar{1}03\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{\bar{2}01\}$.

Charakteristisch für dieses Vorkommen können einige Orthodomen angesehen werden, welche bisher selten oder nur einmal beobachtet wurden, es sind dies $\{\bar{1}04\}$, $\{\bar{2}07\}$, $\{\bar{1}03\}$ und $\{\bar{5}04\}$.

---

*) Fr. Mohs, Treatise on Mineralogy. Translated by W. Haidinger. 3 Vol. Edinburgh, 1825, **2**, 167—174.

) Pogg. Ann. 1831, **22, 393.

***) Philipp's Mineralogy by Brooke and Miller. London 1852, 594.

†) J. D. Dana, The System of Mineralogy. Sixth edition by E. S. Dana. New York 1892, 295.

Die Form $\{\bar{1}03\}$ beobachtete bisher nur Schrauf*) an den Krystallen von Chessy; bei dem laurioner Azurit ist diese eine häufige Form, und zwar oft mit grossen Flächen (Fig. 20).

$\{\bar{1}01\}$ ist meistens vorherrschend unter den Orthodomen.

Die Flächen der neuen Orthodomen waren sehr schmal und glatt, wenn breiter, dann zart gestreift. Auf diese mangelhafte Ausbildung ist das grössere Differiren der gemessenen und berechneten Winkelwerthe zurückführbar. Die gestreiften Flächen gaben mehrere Reflexe; jedoch konnte ich zum Einstellen immer einen schwachen, aber scharfen und gut unterscheidbaren finden.

l $\{\bar{2}05\}$ beobachtete ich an drei Krystallen mit je einer Fläche.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(\bar{2}05):(001) =$	$21^0\,42'$ — $22^0\,34'$	$22^0\,51'$

T $\{\bar{4}05\}$ wurde an zwei Krystallen constatirt, und zwar an einem mit voller Flächenzahl zur Entwickelung gelangt.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(\bar{4}05):(001) =$	$40^0\,19'$ — $40^0\,24'$	$40^0\,37'$

Die Form *W* $\{\bar{6}05\}$ beobachtete ich ebenfalls an zwei Krystallen.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(\bar{6}05):(001) =$	$51^0\,39'$ — $52^0\,55'$	$52^0\,39'$

Nach diesen Messungen differiren die beobachteten Winkel beträchtlich, ebenso ist die Abweichung von den theoretischen Werthen eine ziemlich grosse; die Signalbilder waren aber von genügender Schärfe, um die Messungsresultate zur Bestimmung der Symbole zu verwenden.

Das einzige negative Orthodoma $\{101\}$ war an jedem der untersuchten Krystalle mit schmalen Flächen entwickelt.

Auffallend schön ist die glatte Beschaffenheit der terminalen Flächen; wenn dennoch einzelne Messungen grössere Abweichungen von den berechneten Neigungen zeigen, so ist das nur Folge der lichtschwachen Reflexe der kleinen Flächen.

Von diesen Formen sind $\{110\}$, $\{021\}$, $\{221\}$, $\{111\}$, $\{223\}$, $\{\bar{2}41\}$, $\{\bar{2}43\}$ die häufigsten.

Mit Ausnahme von $\{\bar{1}34\}$ gehören alle Pyramiden zu der Zone [110:001] oder zu [120:001].

Unter den Pyramiden der Hauptreihe ist $\{223\}$ die bestentwickelte; es ist das die seltene Form, welche zuerst Krenner und Franzenau**) an

*) Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. 1871, **64**, 138.

) Diese Zeitschr. 1884, **8, 532.

den Krystallen von Utah erkannten und unlängst Farrington*) an dem Vorkommen von Arizona ebenfalls constatirte.

Betreffend das Grössenverhältniss der terminalen Flächen kann ich bemerken, dass {021}, {110}, {221}, {$\bar{2}$41} gewöhnlich mit ausgedehnten Flächen auftreten; dahingegen sind schon kleiner {223}, {$\bar{2}$43}.

Die zwei Formen {121} und {$\bar{1}$34} habe ich nur an der flächenreichsten Combination (Fig. 22) mit je einer, sehr untergeordneten Fläche beobachtet; ihre Lage wurden durch approximative Messungen und die Zonen bestimmt. Die erstere erkannte ich als schmale Abstumpfung der Kante [110 : 011] in den Zonen [001 : 24$\bar{1}$] und [$\bar{1}$01 : 110]; das Zeichen der Klinopyramide {$\bar{1}$34} ist gegeben durch die Zonen [023 : $\bar{1}$11] und [$\bar{1}$01 : 011].

Die Klinodomen {023} und {011} habe ich ebenfalls nur an der complicirtesten Combination mit voller Flächenzahl an dem freien Ende des Krystalles beobachtet.

Die Symmetrieebene erkannte ich nur einmal als sehr schmale Abstumpfung der Kante des Klinodomas {021}.

Besonders bemerkenswerth und interessant sind die Zonenverhältnisse, welche derartige waren, dass ich die Symbole der Endflächen theilweise aus denselben ohne Winkelmessungen bestimmen konnte.

Sämmtliche von diesem Fundorte von mir beobachteten Formen habe ich in der Projection Fig. 21 eingetragen und die wichtigsten Zonenkreise gezeichnet.

In den drei Krystallbildern (Fig. 20, 22, 23) ist das relative Grössenverhältniss möglichst berücksichtigt worden.

Aus der folgenden Zusammenstellung ist die Combination der untersuchten Krystalle ersichtlich. Das freie Ende des Krystalles Nr. 7 war abgebrochen.

Formen	Nummer des Krystalles						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
a {100}	×	×	×	×	×	×	×
b {010}		×					
c {001}	×	×	×	×	×	×	×
σ {101}	×	×	×	×	×	×	×
D {$\bar{1}$04}			×		×		
F {$\bar{2}$07}					×	×	×
A {$\bar{1}$03}	×	×		×	×	×	×
l {$\bar{2}$05}		×	×		×		
n {$\bar{1}$02}	×	×	×				×
T {$\bar{4}$05}					×	×	
Θ {$\bar{1}$01}	×	×	×	×		×	

*) On crystallized Azurit from Arizona. Americ. Journ. Sc. 1891, **41**, 300.

Formen	Nummer des Krystalles						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
$W\{\bar{6}05\}$		×			×		
$B\{\bar{5}04\}$					×		
$v\{\bar{2}01\}$	×	×	×	×	×	×	
$l\{023\}$	×						
$f\{011\}$	×						
$p\{021\}$	×	×	×	×		×	
$m\{110\}$	×	×	×	×	×		
$h\{221\}$	×	×	×	×	×	×	
$s\{111\}$	×	×	×	×	×		
$Q\{223\}$	×	×	×	×	×	×	
$k\{\bar{2}21\}$	×						
$x\{\bar{1}11\}$	×				×		
$e\{\bar{2}45\}$	×	×	×				
$d\{\bar{2}43\}$	×	×	×		×	×	
$o\{\bar{2}41\}$	×	×	×	×	×	×	
$\gamma\{121\}$	×						
$\varrho\{\bar{1}34\}$	×						

Die beobachteten und berechneten Neigungen sind in der nachstehenden Tabelle angeführt. Die berechneten Winkel leitete ich aus den Schrauf'schen*) Elementen ab.

	Beobachtet:	Berechnet:
$c : a = (001):(100)$	87° 38′	87° 36′ 0″
$: \sigma = :(101)$	44 37	44 45 56
$: D = :(\bar{1}04)$	14 45 ca.	14 39 28
$: F = :(\bar{2}07)$	16 48	16 40 2
$: A = :(\bar{1}03)$	19 6	19 17 29
$: I = :(\bar{2}05)$	22 8	22 50 37
$: n = :(\bar{1}02)$	27 50	27 52 29
$: T = :(\bar{4}05)$	40 22	40 37 6
$: \Theta = :(\bar{1}01)$	47 19	47 15 0
$: W = :(\bar{6}05)$	52 17	52 38 40
$: B = :(\bar{5}04)$	54 3	53 49 42
$: v = :(\bar{2}01)$	66 9	66 11 28
$: l = :(023)$	30 29	30 23 32
$: f = :(011)$	41 26	41 20 50
$: p = :(021)$	60 27	60 23 20
$: b = :(010)$	90 23 ca.	90 0 0
$: Q = :(223)$	41 20	41 21 2

*) Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1871, **64**, 134.

		Beobachtet:	Berechnet:
$c:s$	$= (001):(111)$	$= 52^0 25'$	$52^0 28' 13''$
$:h$	$= \quad :(221)$	$= 68\ 11$	$68\ 11\ 48$
$:m$	$= \quad :(110)$	$= 88\ \ 7$	$88\ 10\ 16$
$:k$	$= \quad :(\bar{2}21)$	$= 71\ 21$	$71\ 25\ \ 7$
$:x$	$= \quad :(\bar{1}11)$	$= 54\ 51$	$54\ 50\ 36$
$:\gamma$	$= \quad :(121)$	$= 62\ 16$ ca.	$62\ 58\ \ 0$
$:e$	$= \quad :(\bar{2}45)$	$= 39\ 48$	$39\ 46\ 22$
$:d$	$= \quad :(\bar{2}43)$	$= 54\ 39$	$54\ 32\ \ 8$
$:o$	$= \quad :(\bar{2}41)$	$= 77\ 22$	$77\ 24\ 42$
$m':v$	$= (\bar{1}\bar{1}0):(\bar{2}01)$	$= 47\ \ 0$	$46\ 51\ 27$
$v:x$	$= (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	$= 36\ 45$	$36\ 38\ 43$
$:d$	$= \quad :(\bar{2}43)$	$= 52\ 21$	$52\ 18\ 49$
$:p$	$= \quad :(021)$	$= 78\ 32$	$78\ 29\ 39$
$p:m$	$= (021):(110)$	$= 54\ 26$	$54\ 38\ 54$
$\Theta:\varrho$	$= (\bar{1}01):(\bar{1}34)$	$= 44\ 51$ ca.	$44\ 55\ 13$
$v:e$	$= (\bar{2}01):(\bar{2}45)$	$= 52\ 38$	$52\ 39\ 50$
$:f$	$= \quad :(011)$	$= 72\ 18$	$72\ 21\ 24$
$\sigma:Q$	$= (101):(223)$	$= 27\ 34$	$27\ 26\ 46$
$:p$	$= \quad :(021)$	$= 69\ 31$	$69\ 27\ 46$
$a:Q$	$= (100):(223)$	$= 57\ 43$	$57\ 41\ 44$
$:l$	$= \quad :(023)$	$= 87\ 50$	$87\ 55\ 48$

Im »Index der Krystallformen« giebt V. Goldschmidt*) 62 verschiedene Formen der Kupferlasur an; rechnet man hierzu die von Farrington**) beobachteten drei neuen Pyramiden $\{\bar{1}47\}$, $\{\bar{3}21\}$, $\{\bar{1}\bar{2}.10.5\}$, und die drei an dem Azurit von Laurion erkannten Orthodomen, so wären nunmehr an diesem Mineral zusammen 68 Formen constatirt.

Was die Anzahl der verschiedenen Formen und Combinationen anbelangt, so werden die laurioner Krystalle nur von denjenigen von Chessy übertroffen.

Es möge mir gestattet sein dem Herrn Prof. J. A. Krenner, Custos der mineralogischen Sammlung des ungarischen National-Museums, meinen besten Dank für die Gefälligkeit auszudrücken, mit welcher er mir aus der oben erwähnten Sammlung das schöne Material zur Untersuchung überliess.

Budapest, 1892, mineralogisches Institut des Polytechnikums.

---

*) Dr. Victor Goldschmidt, Index der Krystallformen der Mineralien. 3 Bde. Berlin 1886—1891, **2**, 269—274.

) Americ. Journ. Sc. 1891, **41, 300

V. Friedelit aus der Sjögrube Hausmannit-, (Braunit- und Eisenerzgrube), Grythytte, Kirchspiel Örebro.

Von

L. J. Igelström in Sunnemo, Wermland (Schweden).

Literatur.

Gorgeu, Compt. Rend. 1884 und Bull. Soc. Min. 7, 3. Ref. diese Zeitschr. **11**, 188.
F. Flink, Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handlingar. Bd. **16**, Afd. II, No. 4. Siehe diese Zeitschr. **20**, 371.

Das Mineral Friedelit ist zuerst bei Adervielle in den Pyrenäen entdeckt und von Gorgeu analysirt worden. Seitdem wurde es von G. Flink auch auf der Harstigsgrube in Schweden gefunden und neuerdings im Mai dieses Jahres habe ich dasselbe auch auf der Sjögrube entdeckt. Dieses höchst merkwürdige und interessante Mineral ist somit nun von drei Fundorten bekannt. Genetisch ist es an Manganmineralien resp. Manganerzgruben gebunden, wenigstens in Schweden; was das Vorkommen in den Pyrenäen betrifft, so ist mir dieses zwar nicht bekannt, aber ich vermuthe, dass es genetisch übereinstimmend mit dem schwedischen ist *). Der Friedelit selbst ist ein ausgeprägtes Manganmineral, bis 48 % Manganoxydul enthaltend, und dessen Vorkommen mit reinen Manganerzen hat deswegen nichts Auffälliges, merkwürdig ist sein grosser Chlorgehalt, bis 4 %; der Rest in dem Mineral ist Kieselerde, bis 34 %, und Wasser, 9 bis 10 %. Es ist sonach wesentlich ein wasserhaltiges Chlorosilicat von Manganoxydul, die kleine Quantität Kalk, Magnesia und Eisenoxydul nicht gerechnet.

Ein dem Friedelit ähnliches Mineral ist bis jetzt noch nicht aufgefunden worden, ausser dem für Schweden eigenthümlichen Pyrosmalith. Beide Mineralien sind sowohl in krystallographischer wie in chemischer Beziehung völlig übereinstimmend, nur mit dem Unterschiede, dass ein Theil des Manganoxyduls im Friedelit durch Eisenoxydul im Pyrosmalith substituirt ist. Der letztere ist ebenso, wie der Friedelit, genetisch verbunden mit Manganerzen oder mit manganhaltigen Eisenerzen: Nordmarken und Dannemora.

Der Friedelit findet sich auf der Sjögrube in reichlicher Menge: so hatte ich neuerdings etwa 150 ganz gute und hübsche, frische Stufen davon

---

*) Nach Mittheilung des Herrn Stuer in Paris kommen auf der jetzt verlassenen Manganerzgrube bei Adervielle als Begleiter des Friedelit vor: Pyrolusit, Dialogit und Rhodonit.

bekommen. Auf der Grube Harstigen dagegen kommt er nur sehr spärlich vor. An beiden Fundorten tritt er in Klüften, Adern und Sprüngen auf, die theilweise mit Calcit erfüllt sind, und ist somit ganz deutlich eine spätere Bildung, gleichwie der ihn begleitende Calcit. Der Friedelit ist auf diesen Klüften entweder ganz vorherrschend, so dass nur eine spärliche Calcitlage sich darin findet, oder der Calcit bildet die Hauptausfüllung, so dass zerstreute Friedelitblättchen nur hie und da im Calcit liegen. Die Breite dieser Klüfte schwankt von einigen Millimetern bis zu einem oder einigen Centimetern. Das Nebengestein, in welchem sie sich unmittelbar befinden, ist Dolomit (Urdolomit), aber nur einige Centimeter von der Dolomitmasse sind Hämatit-, Hausmannit- und Jacobsiterze vorhanden.

Der Friedelit der Sjögrube ist auf den Klüften und Sprüngen nicht frei in Krystallen ausgebildet, sondern im Allgemeinen in blätterigen Massen vorhanden; aber zuweilen finden sich eingewachsene sechsseitige Krystalle in der blätterigen Friedelitmasse. Freiherr A. E. Nordenskiöld hat mir brieflich mitgetheilt, dass der Friedelit von der Sjögrube hexagonal und optisch einaxig ist.

Der Friedelit der Sjögrube gleicht im Allgemeinen in seinem äusseren Ansehen etwa blätterigem Rhodonit, aber seine Farbe ist einigermassen von der des letztgenannten Minerals verschieden, nämlich gelbroth oder fleischroth, nicht rosa, wie bei dem Friedelit aus der Grube Harstigen. Er ist ganz durchsichtig mit derselben Farbe. Härte, Glanz etc. ganz so wie bei Harstigen. Im Allgemeinen erfordert es ein ziemlich geübtes Auge, um das Mineral der Sjögrube von gewöhnlichem blätterigen Rhodonit zu unterscheiden. Die ganz einfache Löthrohrprobe mit reinem Kupferoxyd am Platindraht lässt jedoch gleich erkennen, was man in der Hand hat, namentlich durch die sehr starke Blaugrünfärbung der Löthrohrflamme *).

Der Friedelit der Sjögrube scheint sich ganz gut gegen die zerstörenden Wirkungen der Luft und des Wassers (überhaupt gegen Atmosphärilien) zu halten; gleichwohl sieht man zuweilen, dass er gegen die Flächen der Klüfte hin sich oxydirte: er bronzirt sich zuerst und geht schliesslich über in eine ganz schwarze Masse, die jedoch die ursprüngliche gute Spaltbarkeit beibehält.

Hinsichtlich des chemischen Verhaltens des Friedelit möchte ich Folgendes mittheilen. Wenn Flink von dem Friedelit von Harstigen sagt: »In Säuren löst er sich sehr leicht unter Abscheidung von Kieselsäure«, so ist dies nicht ganz correct; vielmehr werden Stücke beider Vorkommen ziemlich schwer aufgeschlossen. Deswegen habe ich bei meiner quantita-

*) Friedelit kommt auf der Sjögrube auch, wiewohl selten, in Centimeter-breiten Adern in Dolomit vor, von ganz dichter Beschaffenheit. Er gleicht dann sehr röthlicher »Hälleflinta« oder dichtem Rhodonit und wird auch hier am besten durch die Probe mit Kupferoxyd erkannt, welche zur Erkennung von Chlor in Silicaten gute Dienste leistet.

tiven Analyse den Friedelit aus der Sjögrube durch Schmelzung mit Natriumcarbonat zersetzt. Vor dem Löthrohre geben beide im Kolben viel saures Wasser ab; an der Luft geglüht werden sie schwarz, aber das Chlor wird nicht (oder nicht alles) dabei ausgetrieben, wenigstens nicht mit der Berzelius'schen Lampe; für sich auf Kohle vor dem Löthrohre schmilzt der Friedelit sehr leicht zu einer schwarzen, nicht magnetischen Kugel. Er blättert sich dabei auf wie Pyrophyllit, giebt aber keinen Beschlag oder Geruch von Arsenik.

Die quantitative Analyse des Friedelit wurde mit 1,34 g sehr reinem Material ausgeführt; ausserdem wurde 0,61 g für die Bestimmung des Wassers verwendet. Schon bei der qualitativen Untersuchung wurde bemerkt, dass das Mineral weniger Eisenoxydul als das von Harstigen enthält. Es nähert sich deswegen mehr dem von Adervielle als das letztgenannte, und im Allgemeinen muss der Friedelit von der Sjögrube für reiner als der von Harstigen angesehen werden. Betreffs des letzteren sagt Flink: »Die meisten Krystalle sind ganz durchsichtig, andere dagegen trübe und opak«. Auf der Sjögrube dagegen ist er immer frisch und stellt die ächte Friedelitsubstanz dar, wie sie zuerst von Gorgeu gefunden wurde. Hierzu kommt noch, dass das Mineral auf der Sjögrube in solcher Menge zu bekommen ist, dass man mit demselben alle Museen in Europa versehen kann; es ist daher einleuchtend, dass das spärliche Vorkommen dieses Minerals bei Harstigen ganz zurücktritt gegen das der Sjögrube.

Hier folgt nun eine Zusammenstellung aller Analysen, die bisher von Friedelit gemacht worden sind: I. Adervielle von Gorgeu, II. Harstigen von G. Flink und III. Sjögrube von mir.

	I.	II.	III.
SiO_2	34,45	34,66	34,36
Cl	3,10	4,04	3,00
MnO	48,25	42,48	45,88
FeO	Spuren	4,08	1,35
CaO	0,40	0,53	1,50
MgO	1,20	2,27	1,50
Mn	2,90	3,13	2,79
H_2O	9,60	8,47	9,00
	99,90	99,66	99,38

Man sieht aus diesen Resultaten, wie genau alle drei Analysen übereinstimmen.

Nachtrag.

Calcit ist wie ich weiterhin fand sehr gewöhnlich mit dem Friedelit ...rgesellschaftet. Der letztere findet sich ferner noch in einer blasseren ...ietät, welche nach einer approximativen Analyse etwas weniger Chlor



enthält als der vorausgehend beschriebene eigentliche Friedelit, im Uebrigen aber dieselben Bestandtheile aufwies, wie aus nachstehenden Zahlen ersichtlich ist.

SiO_2	31,11
Cl	2,36
FeO	3,00
MgO	2,22
CaO	1,80
MnO	49,93 *)
H_2O	9,58
	100,00

Wird die Analyse so umgerechnet, dass alles Chlor mit Mangan verbunden ist, so gestaltet sich die Analyse folgendermassen:

SiO_2	31,11
Cl	2,36
FeO	3,00
MgO	2,22
CaO	1,80
Mn	1,84
MnO	48,09
H_2O	9,58

Der blasse Friedelit findet sich in derselben Weise in Adern, oft mit denen des eigentlichen parallel verlaufend. Nach Mittheilung des Freiherrn A. E. Nordenskiöld ist diese Varietät ebenfalls optisch einaxig und wahrscheinlich ebenfalls hexagonal.

Ausser dieser blassen Varietät findet man an den Friedelitstufen auch ab und zu noch eine dichte, violettrothe oder auch kirschrothe gefärbte, welche ich jedoch nicht näher untersucht habe. Diese Varietäten scheinen alle von Säuren leichter zersetzt zu werden als die vorher beschriebene. Vor dem Löthrohre geben sie jedoch alle eine gleich starke Chlorreaction.

Ein heller gefärbter Friedelit, ähnlich dem eben erwähnten blassen, bildet zuweilen die Matrix für den eigentlichen, und zeigt ebenfalls schwächere Chlorreaction vor dem Löthrohre.

In den echten Friedelit sind zuweilen kleine rabenschwarze und metallglänzende mit tief blutrother Farbe durchscheinende, rhombische Krystalle eingewachsen. Diese, oft bis zu mikroskopischer Kleinheit herabgehenden Kryställchen habe ich wegen nicht ausreichendem Material noch nicht untersuchen können, vielleicht gelingt dies später.

*) Aus dem Verlust. Gangart 10%, angewandtes Material 1 g und ausserdem 0,84 g zur Wasserbestimmung, das aus dem Glühverlust bestimmt wurde.

VI. Krystallographische Untersuchung organischer Verbindungen.

Von

Bruno Doss in Riga.

(Mit 14 Textfiguren.)

Die in Folgendem der krystallographischen Untersuchung unterworfenen organischen Verbindungen sind im chemischen Laboratorium des hiesigen Polytechnikums dargestellt worden. Sie zerfallen in drei Gruppen: 1) Ester von Anilidosäuren, 2) Säureanilide, 3) Derivate der Glutar- und Bernsteinsäure.

1. Orthotoluidoisobuttersäureester,

$$\overset{2}{C}H_3.C_6H_4.N < \begin{matrix} H \\ (C_3H_6).COOC_2H_5 \end{matrix}.$$

Schmelzpunkt 57°. Krystallisation aus Aether.
(Dargestellt von Prof. Dr. Bischoff und Dr. Mintz.)

Krystallsytem: Triklin-hemiëdrisch.

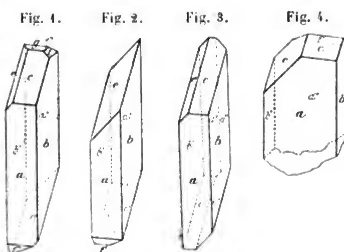
$$a:b:c = 0,8623:1:0,5041;$$
$$\alpha = 92^\circ 59', \beta = 133^\circ 29\tfrac{1}{2}', \gamma = 97^\circ 39\tfrac{1}{2}'.$$

Von der hemiëdrischen oder asymmetrischen Abtheilung des triklinen Krystallsystems sind bisher nur wenige Fälle, wie z. B. die von Scacchi untersuchten sauren weinsauren Salze des Strontiums, bekannt geworden. In dem vorliegenden Ester stellt sich uns ein weiteres Beispiel dieser jedes Symmetrieelementes entbehrenden Abtheilung der Krystallformen dar. Die Hemiëdrie giebt sich dadurch zu erkennen, dass zu einer oder auch mehreren der sich combinirenden Krystallformen die bei holoëdrischer Ausbildung geforderten parallelen Gegenflächen fehlen; denn jede einzelne Fläche stellt hier eine Krystallform für sich allein dar. Von zwölf untersuchten Krystallen — fünf andere kommen, weil sie an einem Ende abgebrochen oder unregelmässige Verwachsungsflächen besitzen, hier nicht in Betracht — zeigen sieben äusserlich in genannter Weise die Hemiëdrie,

während an vier dieselbe nur noch dadurch erkenntlich ist, dass eine grosse Verschiedenheit in der Entwicklung von Fläche und der von ihr ganz unabhängigen parallelen Gegenfläche stattfindet; in einem letzten Falle liegt endlich ein Krystall vor, der nur von drei parallelen Flächenpaaren, die sechs Krystallformen bilden, umschlossen ist, so dass an ihm die Hemiëdrie geometrisch nicht zum Ausdruck gelangen kann.

Die wasserhellen Krystalle sind wenige mm bis ca. $\frac{1}{2}$ cm gross. Der Habitus ist mit einer einzigen Ausnahme dicktafelförmig nach der *c*- und *a*-Axe (Fig. 1—3). Bei der unter 17 Krystallen einzigen Ausnahme ist die Entwicklung dicktafelförmig nach der *c*- und *b*-Axe (Fig. 4).

Es wurde die Anwesenheit folgender Krystallformen constatirt: $a = (100)$, $a' = (\bar{1}00)$, $b = (010)$, $b' = (0\bar{1}0)$, $c = (001)$, $c' = (00\bar{1})$, $d = (1\bar{1}0)$, $d' = (\bar{1}10)$, $e = (0\bar{2}1)$, $e' = (02\bar{1})$, $f = (\bar{2}01)$, $f' = (20\bar{1})$, $g = (\bar{1}01)$, $i = (\bar{1}11)$.



Von diesen Formen wurden *g*, *i* und *d* nur je einmal beobachtet. Der Krystall, an dem *g* und *i* auftritt, ist wiedergegeben in

Fig. 1: Comb. von (100). (010).(100).(0$\bar{1}$0).(001).(0$\bar{2}$1). ($\bar{2}$01).($\bar{1}$01).($\bar{1}$11).(02$\bar{1}$).(20$\bar{1}$). Man erkennt, dass die Flächencombination am oberen Ende der Verticalaxe eine andere ist als am unteren. Letzteres hat auch statt bei dem Beispiel eines Krystalles, welches wiedergegeben ist durch

Fig. 2: Comb. von (100).(010).($\bar{1}$00).(0$\bar{1}$0).(0$\bar{2}$1).(02$\bar{1}$).(00$\bar{1}$).(20$\bar{1}$). Dagegen wird durch

Fig. 3 ein Krystall der Comb. (100).(010).($\bar{1}$10).($\bar{1}$00).(0$\bar{1}$0).(001).(0$\bar{2}$1). (00$\bar{1}$).(02$\bar{1}$) repräsentirt, bei dem die Flächencombination eine verschiedene ist an den beiden Enden der Brachyaxe.

An sämmtlichen Krystallen wiederholen sich die Formen $a = (100)$, $a' = (\bar{1}00)$, $b = (010)$ und $b' = (0\bar{1}0)$, die immer zusammen auftreten. Sehr häufig sind ferner die Brachydomen $e = (0\bar{2}1)$ und $e' = (02\bar{1})$ sowie die Basisflächen $c = (001)$ und $c' = (00\bar{1})$. Erstere treten — soweit die Beobachtungen reichen — auch stets zusammen auf, während bei den letzteren dies nicht immer der Fall ist. Würde man *e* und *e'* statt *c* und *c'* zur Basis wählen, dann würden es die sechs Formen mit den einfachsten Indices, nämlich (100), (010), (001), ($\bar{1}$00), (0$\bar{1}$0), (00$\bar{1}$) sein, welche am häufigsten vorkommen und immer vereint auftreten.

Die goniometrische Untersuchung von sechs Krystallen ergab folgende Werthe:

	Gemessen: Grenzwerthe:	Mittel:	Berechnet:
$a : b = (100):(010) =$	82° 4′ — 82°22′	*82°16′	—
$a' : d' = (\bar{1}00):(\bar{1}10) =$	34 5 — 34 16	*34 8	—
$b : d' = (010):(\bar{1}10) =$	63 26 — 63 36	63 33	63°36′
$a : c = (100):(001) =$	46 29 — 46 31	*46 30	—
$b : c = (010):(001) =$	86 21 — 87 2	*86 50	—
$b' : e = (0\bar{1}0):(0\bar{2}1) =$	55 27 — 56 2	*55 38	—
$c : e = (001):(0\bar{2}1) =$	37 11 — 37 48	37 30	37 32
$a : e = (100):(0\bar{2}1) =$	60 38 — 60 56	60 45	60 54
$a : g = (100):(\bar{1}01) =$	—	82 10	82 15
$c : g = (001):(\bar{1}01) =$	—	35 41	35 45
$b : g = (010):(\bar{1}01) =$	—	91 44	91 50
$a : f = (100):(\bar{2}01) =$	123 49 — 124 11	124 0	124 2
$b : f = (010):(\bar{2}01) =$	—	96 39	96 46
$c : f = (001):(\bar{2}01) =$	—	77 30	77 32
$g : f = (\bar{1}01):(\bar{2}01) =$	—	41 52	41 47
$a : i = (100):(\bar{1}11) =$	—	79 2	79 17
$b : i = (010):(\bar{1}11) =$	—	64 47	64 52
$c : i = (001):(\bar{1}11) =$	—	40 23	40 32
$g : i = (\bar{1}01):(\bar{1}11) =$	—	—	27 8

Charakteristisch für die Flächen $e = (0\bar{2}1)$ und $e' = (02\bar{1})$ ist ihr stets sehr vollkommener Glanz, wodurch sie sich von allen übrigen Flächen auszeichnen. Spaltbarkeit unvollkommen nach der Basis; Bruch muschelig. Auslöschung auf (010) = 38°, auf (100) nicht genau feststellbar, da die Fläche nicht überall gleichzeitig dunkel wird, jedenfalls aber nur wenig (nicht über 5°) von 0° entfernt. Durch (010) beobachtet man das beim Drehen des Krystalles in die Hyperbeln zerfallende Interferenzkreuz beinahe in der Mitte des Gesichtsfeldes; optische Axenebene daher fast senkrecht auf (010) und eine Mittellinie mit der Normalen auf (010) einen nur geringen Winkel bildend. Die Substanz steht demnach in optischer Beziehung dem monoklinen System sehr nahe.

2. Paratoluidoisobuttersäureester,

$$\overset{4}{C}H_3.C_6H_4.N < \begin{matrix} H \\ (C_3H_6).COOC_2H_5. \end{matrix}$$

Schmelzpunkt 36°. Krystallisation aus Aether.

(Dargestellt von Prof. Dr. Bischoff und Dr. Mintz.)

Krystallsystem: Monoklin-hemiëdrisch.

$$a : b : c = 0,8106 : 1 : 0,6796;$$
$$\beta = 79°30'.$$

Während man von der hemimorphen Abtheilung des monoklinen Systems schon mehrere Vertreter kennt, ist von der hemiëdrischen Abtheilung dieses Systems bisher nur ein Beispiel bekannt geworden, nämlich das tetrathionsaure Kalium*). In dem vorliegenden Paratoluidoisobuttersäureester begegnen wir nun einem weiteren Beleg dieser Abtheilung der Krystallformen.

Die farblosen Krystalle dieses Körpers, welche nur unter einigen Schwierigkeiten in Kältemischungen darstellbar sind, erreichen zwar eine beträchtliche Grösse (Tafeln bis über 1 cm im Durchmesser), jedoch musste die Untersuchung lediglich auf die kleinen, durchschnittlich wenige Millimeter messenden Krystalle beschränkt werden, weil nur diese eine genügend gute Flächenbeschaffenheit aufweisen, während die grossen Krystalle durch Rundungen, Vertiefungen etc. der Flächen eine sehr mangelhafte Ausbildung besitzen. Die Krystalle müssen bald nach der Herausnahme aus dem Krystallisirgefäss gemessen werden, da die Flächen nach einiger Zeit trübe werden. Infolge des niedrigen Schmelzpunktes — die Krystalle zerfliessen in der Hand — ist vorsichtige Behandlung nöthig; sie haften ausserdem schwer an Wachs.

Zur Untersuchung lagen elf Krystalle vor, die sämmtlich einen hemiëdrischen Bau aufweisen insofern, als sie wohl noch eine Symmetrieebene, aber nicht mehr die zweizählige Symmetrieaxe besitzen, welche den holoëdrischen Krystallen des monoklinen Systemes eigen ist.

An Formen wurden beobachtet: $a = \{100\}$, $a' = \{\bar{1}00\}$, $b = \{010\}$, $c = \{001\}$, $c' = \{00\bar{1}\}$, $e = \{\bar{1}01\}$, $e' = \{10\bar{1}\}$, $f = \{011\}$, $f' = \{01\bar{1}\}$, $g = \{405\}$, $r = \{\bar{1}21\}$, $p = \{130\}$, $q = \{210\}$.

Die Hemiëdrie giebt sich durch folgende Merkmale zu erkennen: 1) Die den beiden oberen, häufig auftretenden und gewöhnlich stark entwickelten Flächen des Klinodomas [Form $\{011\}$ bestehend aus den Flächen (011) und $(0\bar{1}1)$] entsprechenden unteren Flächen [Form $\{01\bar{1}\}$ bestehend aus $(01\bar{1})$ und $(0\bar{1}\bar{1})$] fehlen entweder völlig oder sind nur ganz winzig entwickelt, so zu sagen angedeutet; es wurde sich in den betreffenden Fällen auch durch mikroskopische Betrachtung von dem Fehlen resp. der nur winzigen Ausbildung der Flächen überzeugt; Fig. 5, 6 und 7. 2) Aehnliches ist der Fall mit der Pyramide $r = \{\bar{1}21\}$, die immer nur mit den beiden Flächen $(\bar{1}21)$ und $(\bar{1}\bar{2}1)$ auftritt. 3) In der orthodiagonalen Zone fehlt zu den Formen die bei holoëdrischer Ausbildung monokliner Krystalle nöthige parallele Gegenfläche entweder ganz oder die Entwickelung von Fläche und Gegenfläche — beide sind in der hemiëdrischen Abtheilung von einander unabhängige Formen — ist mindestens eine verschiedene, und dies zwar meist in recht beträchtlichem Grade.

*) A. Fock, Ueber die Krystallformen des tetra- und des pentathionsauren Kaliums. Diese Zeitschr. **19**, 236.

In den Fig. 5—8 sind einige der untersuchten Krystalle wiedergegeben; sie veranschaulichen zugleich einige Fälle des verschiedenartigen Habitus, in dem sie auftreten.

Fig. 5. Comb. von $a = \{100\}$, $a' = \{\bar{1}00\}$, $b = \{100\}$, $c = \{001\}$, $c' = \{00\bar{1}\}$, $e = \{\bar{1}01\}$, $e' = \{10\bar{1}\}$, $f = \{011\}$, $p = \{130\}$, $q = \{210\}$. Dieser nach der b- und a-Axe tafelförmige Habitus ist unter allen Krystallen am häufigsten vertreten. An zwei Exemplaren fehlt $f' = \{01\bar{1}\}$ völlig, an zwei anderen ist diese Form nur winzig angedeutet, während $f = \{011\}$ stets stark entwickelt ist. An drei Krystallen ist $e' = \{10\bar{1}\}$ nur ganz schmal, am vierten fehlt es ganz, während $e = \{\bar{1}01\}$ stets in grosser Ausdehnung vorhanden ist. Selbstverständlich macht sich auch zwischen a und a' sowie zwischen e und e' ein entsprechender Unterschied in der Entwickelung geltend. Das Klinoprisma $p = \{130\}$ und das Orthoprisma $q = \{210\}$ kamen nur an einem Krystall zur Beobachtung*). Die Flächen der Prismen treten nur vorn rechts und links auf, nicht auch hinten, so dass auch in dieser Beziehung die Hemiëdrie zum Ausdruck kommt.

Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

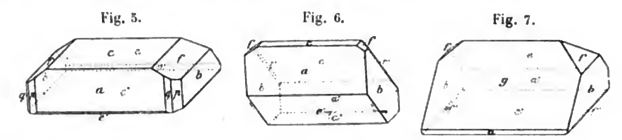


Fig. 6. Comb. von $a = \{100\}$, $c = \{001\}$, $e = \{\bar{1}01\}$, $a' = \{\bar{1}00\}$, $c' = \{00\bar{1}\}$, $e' = \{10\bar{1}\}$, $b = \{010\}$, $f = \{011\}$, $r = \{\bar{1}21\}$.

Tafelförmig nach der b-Axe mit vorherrschendem Orthodoma. Sowohl das Klinodoma f als die positive Hemipyramide r treten nur mit dem oberen Flächenpaare, also hemiëdrisch auf.

Fig. 7. Comb. von $a = \{100\}$, $g = \{405\}$, $e = \{\bar{1}01\}$, $a' = \{\bar{1}00\}$, $c' = \{00\bar{1}\}$, $b = \{010\}$, $f = \{011\}$, $f' = \{01\bar{1}\}$.

Die Orthohemidomen g und e sowie die Basis treten hemiëdrisch mit nur je einer Fläche auf. Beträchtlicher Unterschied in der Grössenentwickelung zwischen den von einander unabhängigen Formen f und f'.

Zwei Krystalle zeigten nun ferner einen Habitus tafelförmig nach der b- und c-Axe und zwei andere Krystalle parallelopipedischen Charakter infolge ungefähr gleicher Entwickelung nach den drei Axen. Auch an ihnen

*) Goniometrische Reflexe gaben diese Flächen nicht deutlich. Es wurde daher unter dem Mikroskope der Winkel zwischen den Kanten ac' und pc' einerseits und zwischen ac' und qc' andererseits gemessen. Ersterer beträgt 112°; daraus berechnet sich $\infty\bar{P}\infty : \infty\bar{P}n = 112^0\,20\frac{1}{2}'$ und $n = 3$; die Rückrechnung ergiebt $(100):(130) = 112^0\,42'$. Der Winkel zwischen Kante ac' und qc' wurde zu 156° gemessen; daraus berechnet sich $\infty\bar{P}\infty : \infty\bar{P}n = 156^0\,21'$ und $n = 2$; die Rückrechnung ergiebt $(100):(210) = 158^0\,16'$.

ist der hemiëdrische Bau sichtbar und zwar in ähnlicher Weise wie bei den vorher beschriebenen Krystallen.

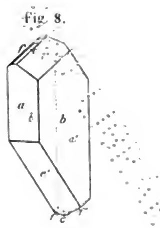


Fig. 8.

In Fig. 8 ist endlich noch ein Fall dargestellt, in dem bei einem nach der c-Axe tafelförmigen Krystall mit vorherrschendem Orthohemidoma und der Comb. $a = \{100\}$, $b = \{010\}$, $a' = \{\bar{1}00\}$, $c = \{001\}$, $f = \{011\}$, $e = \{\bar{1}01\}$, $r = \{\bar{1}21\}$, $c' = \{00\bar{1}\}$, $f' = \{01\bar{1}\}$, $e' = \{10\bar{1}\}$ sich eine Unregelmässigkeit in der Weise kundgiebt, als zu der Fläche $(\bar{1}21)$ die durch die Symmetrieebene geforderte symmetrische Fläche $(\bar{1}\bar{2}1)$ fehlt, so dass die Pyramide r nur mit einer einzigen Fläche entwickelt ist. Da im monoklinen System eine tetartoëdrische Abtheilung nicht möglich ist, so kann hier nur eine zufällige Wachsthumsunregelmässigkeit vorliegen.

Die goniometrische Untersuchung von fünf Krystallen ergab folgende Werthe:

	Gemessen: Grenzwerthe:	Mittel:	Berechnet:
$a : c = (100):(001) =$	79° 24′ — 79° 40′	*79° 30′	—
$a' : e = (\bar{1}00):(\bar{1}01) =$	56 10 — 56 21	56 16	56° 17′
$c : e = (001):(\bar{1}01) =$	44 11 — 44 15	*44 13	—
$c : f = (001):(011) =$	33 36 — 33 54	*33 45	—
$b : r = (010):(\bar{1}21) =$	—	41 35	41 30
$c : r = (001):(\bar{1}21) =$	—	—	64 39
$a : g = (100):(405) =$	—	63 27	63 35

Parallel der Basis und dem Klinopinakoid unvollkommene Spaltbarkeit. Auf den Flächen der orthodiagonalen Zone Auslöschung gerade, auf dem Klinopinakoid einen Winkel von 31° zur Kante ab bildend. Ebene der optischen Axen parallel $\{010\}$.

Durch die Basis erblickt man am Rande des Gesichtsfeldes (Mikroskop mit Polarisationsvorrichtung) den Austritt einer optischen Axe, durch das Orthopinakoid erkennt man ebenfalls das Interferenzbild einer optischen Axe, aber mit ausserhalb des Gesichtsfeldes liegendem Axenaustritt; Axenwinkel demnach gross.

Anmerkung. Die Constitution der Gruppe C_3H_6 sowohl in der Formel des Ortho- als des Paratoluidoisobuttersäureesters ist noch nicht bestimmt. Es sind zwei Fälle möglich:

$$CH_3.C_6H_5 - N - \overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle CH_3}{C}} < \begin{matrix} CH_3 \\ COOC_2H_5 \end{matrix} \quad \text{und} \quad CH_3.C_6H_5 - N - \overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{C}} < \begin{matrix} H \\ C - \overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle H}{C}} - COOC_2H_5. \end{matrix}$$

Beide Ester geben beim Verseifen je zwei isomere Säuren. Näheres wird von den Darstellern noch veröffentlicht werden.

Die verschiedene Stellung von CH_3 in den beiden untersuchten Estern bewirkt eine Aenderung des Systems, so dass das öfter beobachtete Gesetz, dass isomere Körper eine verschiedene Krystallform besitzen, auch hier seine Bestätigung findet. Der trikline Orthoester steht insofern dem monoklinen System nahe, als durch den fast normalen Austritt einer Mittellinie auf dem Brachypinakoid der Forderung monokliner Symmetrie beinahe Genüge geleistet wird. Auch Winkelanalogien lassen sich erkennen. Allerdings darf man dann nicht diejenigen Flächen, nach welchen eine wenn auch unvollkommene Spaltbarkeit existirt, in beiden Fällen als Basis annehmen. Wählt man vielmehr bei dem Paraester e als (100) und a als ($\bar{1}01$), während $c = (001)$ und $f = (011)$ bleibt, und verdoppelt man ferner beim Orthoester die Verticalaxe, so dass $f = (\bar{1}01)$, $g = (\bar{1}02)$ und $e = (0\bar{1}1)$ wird, dann ergeben sich folgende Werthe:

Orthoester:	Paraester:
$a : c = (100):(001) = 46^\circ 30'$	$e : c = (100):(001) = 44^\circ 13'$
$c : f = (001):(\bar{1}01) = 77\ 32$	$c : a = (001):(\bar{1}01) = 79\ 30$
$a : f' = (100):(10\bar{1}) = 55\ 58$	$e : a' = (100):(10\bar{1}) = 56\ 17$
$b' : e = (0\bar{1}0):(0\bar{1}1) = 55\ 38$	$b : f = (0\bar{1}0):(0\bar{1}1) = 56\ 15$
Axenverhältniss	
$a : b : c = 0{,}8623 : 1 : 1{,}0082$	$a : b : c = 0{,}5749 : 1 : 0{,}6800$:
Verhältniss der Axe	
a zur Axe $c = \frac{a}{c} = 0{,}8553$	$\frac{a}{c} = 0{,}8460$
Winkel $\beta = 133^\circ 29\frac{1}{2}'$	$(180^\circ - \beta) = 135^\circ 47'$
- $\alpha = 92\ 59$	$\alpha = 90\ 0$
- $\gamma = 97\ 39\frac{1}{2}$	$\gamma = 90\ 0$

Wie man aus dieser Tabelle ersieht, stehen sich sowohl die Winkelwerthe zwischen den entsprechenden Flächen als auch das Verhältniss der Axen $a : c$ und die Winkel β resp. $(180^\circ - \beta)$ und α recht nahe; bei γ ist der Unterschied grösser.

Aus alledem geht hervor, dass durch die veränderte Stellung des Radicales CH_3 in den beiden Estern das Krystallsystem verändert wird, dass aber beiden Estern die hemiëdrische Entwickelung eigenthümlich ist und der Ester von geringerem Symmetriegrade sowohl in morphologischer als optischer Beziehung grosse Annäherung an den Ester von höherem Symmetriegrade zeigt. Der Orthoester, welcher im chemischen Sinne (Anordnung [der] Radicales im Benzolkern) weniger symmetrisch gebaut ist als der Para[ester], zeigt auch im krystallographischen Sinne einen geringeren Grad von [Sym]metrie im Vergleich zu diesem.

3. Paratolylglycinester,

$$\overset{4}{C}H_3.C_6H_4 - \overset{1}{N} < \begin{matrix} H \\ CH_2.COOC_2H_5 \end{matrix}.$$

Schmelzpunkt 48°—49°. Krystallisation aus Aether.

(Dargestellt von Prof. Dr. Bischoff und Dr. Hausdörfer. Chem. Lit.: Ber. d. deutsch. chem. Ges. 8, 1160; neuer Bericht demnächst erscheinend.)

Krystallsystem: Triklin.

$$a : b : c = 0,3878 : 1 : 0,2595;$$
$$\alpha = 90^\circ 20', \beta = 112^\circ 49', \gamma = 91^\circ 35\tfrac{1}{2}'.$$

Farblose, bis 1 cm grosse Krystalle von meist dünntafelförmigem Habitus mit vorherrschender Ausbildung nach der c- und a-Axe.

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$, $b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$, $c = \{001\}0P$, $d = \{1\bar{1}0\}\infty'P$, $e = \{1\bar{1}\bar{1}\},P$, $\varepsilon = \{1\bar{1}1\}'P$.

Fig. 9 stellt diese gesammten Formen in Combination dar. Meistens combinirt sich aber nur $a.b.c.e$, wobei öfters auf Kosten von c sich die übrigen Flächen stärker ausdehnen. Selten erscheinen auch nur a, b und e zu nach der Verticalaxe gestreckten Säulen verbunden. Die Tetartopyramide ε wurde nur einmal als winzige Fläche beobachtet, welche nur approximative Messungen bei abgehobener Lupe erlaubte. Die Fläche d war derart gerundet, dass sie sich nicht zu goniometrischen Messungen eignete. Sie wurde aus dem Zonenverband (d, c und e bilden eine Zone) als $(1\bar{1}0)$ bestimmt und in ihrer Lage berechnet. Zuweilen sind auch die Flächen des Makropinakoides ein wenig gerundet.

Fig. 9.

Die Messungen an sechs Krystallen ergaben:

	Gemessen:		Berechnet:
	Grenzwerthe:	Mittel:	
$a : b = (100):(010) =$	88° 2' — 88° 15'	*88° 8'	—
$a : c = (100):(001) =$	67 7 — 67 16	*67 10	—
$b : c = (010):(001) =$	88 48 — 89 2	*88 58	—
$a : e = (100):(\bar{1}11) =$	105 56 — 106 21	*106 12	—
$b : e = (010):(\bar{1}11) =$	75 20 — 75 28	*75 23	—
$c : e = (001):(\bar{1}11) =$	41 32 — 41 45	41 41	41° 46'
$a : \varepsilon = (100):(1\bar{1}1) =$	—	42 11 appr.	42 24
$b : \varepsilon = (010):(1\bar{1}1) =$	—	80 4 -	79 49
$c : \varepsilon = (001):(1\bar{1}1) =$	—	27 20 -	26 49
$b : d = (010):(1\bar{1}0) =$	—	—	111 21

	Gemessen:		Berechnet:
	Grenzwerthe:	Mittel:	
$a : d = (100):(1\bar{1}0) =$	—	—	19° 29′
$c : d = (001):(1\bar{1}0) =$	—	—	68 39
$e : d = (1\bar{1}\bar{1}):(1\bar{1}0) =$	—	—	69 35

Spaltbarkeit vollkommen nach {010}, ziemlich vollkommen nach {001}, angedeutet auch nach $\{1\bar{1}\bar{1}\}$ und {100}. Auslöschung auf {010} zur Kante *ab* 18°, zur Kante *bc* 5°, zur Kante *be* 36° bildend; Auslöschung auf {100} 9° zur Kante *ab*. Auf {010} tritt eine Mittellinie aus, die mit der Normalen nur einen kleinen Winkel bildet.

Die Krystalle werden an der Luft bald trübe.

4. Glycolsäureanilid,

$$C_6H_5.N < {H \atop CO.CH_2OH}.$$

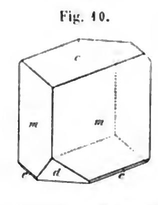
Schmelzpunkt 92°. Krystallisation aus Wasser

(Dargestellt von Stud. Mackiewicz; chem. Liter.: Bull. Soc. Chim. **30**, 104. — Bericht über neue Darstellungsmethode demnächst erscheinend.)

Krystallsystem: Monoklin.

$$a : b : c = 0,9366 : 1 : 1,208;$$
$$\beta = 64° 17'.$$

Fig. 10.



Eine Krystallisation lieferte Krystalle mit weissem Kern und farbloser Hülle der rhomboëderähnlichen Combination $m = \{110\}\infty P$, $c = \{001\}0P$, eine andere Krystallisation aber weingelbe, homogene Krystalle, an denen ausser jenen Flächen noch $d = \{10\bar{1}\}P\infty$ auftritt (Fig. 10). Die Prismen- und Basisflächen zeigen starken Glasglanz, aber auch eine felderartig vertheilte geringe Knickung, so dass mehrere scharfe, aber nahe bei einander liegende Signale im Fernrohre des Reflexionsgoniometers sichtbar werden. Die Flächen des Hemiorthodomas zeichnen sich durch eine constante Rundung und geringeren Glanz aus, so dass die Bestimmung der Grösse der Verticalaxe nur als angenähert gelten kann. Die Substanz ist bereits von Haushofer*) untersucht worden. Demselben standen aber nur Krystalle der Combination $\infty P.0P$ zu Gebote, so dass die Grösse der Verticalaxe unbestimmt bleiben musste. Den Prismenwinkel fand ich genau zu demselben Werthe wie Haushofer, nicht unbeträchtliche Abweichungen dagegen im Winkel $\infty P : 0P(110):(001)$**).

*) Diese Zeitschr. 7, 270.

) Anmerkung. Während sich in der älteren chemischen Literatur (Ber. d. d. Ges. **12, 285) die Angabe findet, dass Glycolanilid aus Wasser in Prismen mit dem

Die Untersuchung von fünf Krystallen ergab:

	Doss. Grenzwerthe:	Mittel:	Berechnet:	Haushofer.
$m : m = (110):(1\bar{1}0) =$	$80^0 14' - 80^0 24'$	$*80^0 19'$	—	$*80^0 19'$
$m : c = (110):(001) =$	$70\ 21 - 71\ \ 4$	$*70\ 38$	—	$*71\ 19$
$c : d = (001):(\bar{1}01) =$	$69\ \ 1 - 69\ 28$	$*69\ 15$	—	—
$m : d = (110):(10\bar{1}) =$	—	—	$58^0 14\frac{1}{2}'$	—
Axenverhältniss $a : b : c =$			$0,9366 : 1 : 1,208$	$0,9298 : 1 : ?$
Winkel $\beta =$			$64^0 17'$	$65^0 13'$

An einem Exemplare der weissen Krystalle fand sich eine winzige Abstumpfung der hinteren oberen und vorderen unteren Combinationskanten von $m : c$ durch eine positive Hemipyramide e. Es waren nur ungefähre Messungen des Winkels $(001):(hhl)$ möglich unter Entfernung des Oculars vom Fernrohre. Als Mittel zahlreich wiederholter Messungen ergab sich $c : e = (001):(hhl) = 104^0 20'$, woraus sich berechnet $\dot{c} = 1,252$. Hiernach hat man die Pyramide als $\{11\bar{1}\}P$ aufzufassen, deren Neigung zur Basis $(001):(\bar{1}\bar{1}1)$ sich zu $105^0 28'$, und deren klinodiagonale Polkante $e : e = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ sich zu $82^0 26'$ berechnet.

Spaltbarkeit ziemlich vollkommen nach $\{110\}\infty P$, weniger vollkommen nach $\{001\}0P$. Im convergenten Lichte erblickt man durch $\{110\}\infty P$ am Rande des Gesichtsfeldes den Austritt einer optischen Axe. Auslöschung auf $\{110\}\infty P$ 43^0 zur Prismenkante.

5. Milchsäureanilid,

$$C_6H_5.N < {H \atop CO.C{-}HOH} \quad \searrow CH_3 .$$

Schmelzpunkt 58⁰. Krystallisation aus Wasser.

(Dargestellt von Stud. Kalnin und Ussorow. Chem. Liter.: Monatshefte f. Chemie **9**, 49. Bericht über neue Darstellungsweise demnächst erscheinend.)

Krystallsystem: Monoklin.

$$a : b : c = 0,8590 : 1 : 0,6414 ;$$
$$\beta = 74^0 57'.$$

Sch.-P. 92⁰ und Nadeln mit Sch.-P. 108⁰ krystallisire, ist in jüngere Werke nur die Angabe übergegangen, dass Glycolanilid in langen Nadeln krystallisire (Ladenburg, Handwörterb. d. Chem. **1**, 648); ja in den Jahresb. d. Chem. 1882, S. 362 und bei Beilstein (Handb. d. organ. Chem. **2**, 296) wird sogar Haushofer's Untersuchung falsch wiedergegeben, indem unter Berufung auf dieselbe von Nadeln gesprochen wird.

Aus Wasser erhält man bei der neuen Darstellungsweise gewöhnlich Krystalle von zweierlei Habitus, und zwar in ungefähr gleicher Menge, die einen von monoklinem (Fig. 11), die anderen von triklinem Aussehen (Fig. 12). Beide sind aber identisch. Die ersteren bilden Combinationen von $m = \{110\}$ ∞P, $c = \{001\} 0P$, $d = \{111\} -P$, mit tafelförmiger Ausbildung nach der Basis; die letzteren combiniren sich aus denselben Formen, eine stets vorhandene und bei allen Krystallen dieser Kategorie sich in der nämlichen Weise wiederholende ungleiche Centraldistanz der Hemipyramidenflächen bewirkt jedoch ein triklines Aussehen; ausserdem sind diese Krystalle unter Vorherrschen eines Paares der Prismenflächen tafelförmig nach der Verticalaxe. Bei der Durchmusterung sehr kleiner Krystalle unter dem Mikroskope wurde zuweilen auch eine positive Hemipyramide, sehr wahrscheinlich $\{\bar{1}11\} P$ beobachtet.

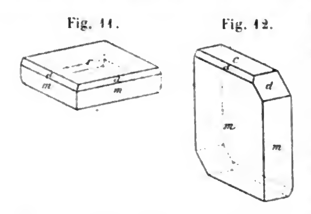


Fig. 11. Fig. 12.

Die goniometrische Untersuchung von vier Krystallen vom Habitus der Fig. 12, die mir anfangs allein überbracht worden waren, hat ergeben:

	Grenzwerthe:	Mittel:	Berechnet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0)$	$79°16' — 79°24\frac{1}{2}'$	*79°20'	—
$m : c = (110):(001)$	80 19 — 80 36	80 29	80°27'
$m : d = (110):(111)$	30 31 — 31 11	30 52	30 45
$c : d = (001):(111)$	49 33 — 50 1	*49 42	—
$d : d = (111):(1\bar{1}1)$	59 34 — 59 41	*59 36	—

Spaltbarkeit vollkommen nach $\{001\} 0P$, unvollkommen, aber noch deutlich nach $\{010\} \infty \breve{P} \infty$ und $\{110\} \infty P$. Die Auslöschung auf der Prismenfläche bildet zur Kante md einen Winkel von 16°, zur Kante mm 8°. Sehr starke Doppelbrechung. Optische Axenebene parallel $\{010\} \infty \breve{P} \infty$. Grosse Dispersion der optischen Axen und zwar $\rho < v$. Optisch positiv.

Infolge der sehr starken Dispersion der optischen Axen besitzen die Ellipsen und Hyperbeln, welche man bei sehr dünnen, nach der Basis tafelförmigen Kryställchen (Dicke ca. 0,02 mm und darunter) durch die Basis im convergenten Lichte erblickt, sehr beträchtliche Farbensäume. Benutzt man etwas dickere Kryställchen und schwächere Objective (z. B. Nr. 4 Hartnack), so werden statt der Ellipsen complicirtere, geschwungene Curven sichtbar, und die Hyperbeln erhalten prächtige, sehr breite Farbenränder, beides Verhältnisse, wie sie bei anderen Substanzen mit ähnlich grosser Axendispersion bereits bekannt sind. Was aber unserem Milchreanilid doch eine besondere Stellung verleiht, ist die That-

sache, dass mit Hülfe des mit Polarisationsvorrichtung versehenen Mikroskopes die Axenbilder selbst dann noch wahrnehmbar sind, wenn man sehr schwache Objective anwendet, z. B. noch mit Obj. Nr. 0 (Hartnack) bei Krystallen von etwas über 1 mm Dicke; ja Balken und Hyperbeln erkennt man im convergenten Lichte sogar in dem Falle noch, wenn bei abgehobenem Ocular das Mikroskop so eingestellt wird, dass man den Krystall in seiner richtigen Lage, aber gleichsam weit entfernt erblickt.

Man braucht bei all' diesen Beobachtungen nicht einmal die Condensorlinsen zur Erzeugung stark convergenten Lichtes auf den Polarisator aufzusetzen, um die Erscheinungen bei abgehobenem Ocular in gleicher Güte wahrnehmen zu können. Es genügt vielmehr die geringe Convergenz der vom Planspiegel kommenden und allein durch den Polarisator und den Krystall gehenden Strahlen vollständig zur Erzeugung der beschriebenen Erscheinungen.

Noch interessanter ist das Verhalten des Milchsäureanilids in parallelem polarisirten Lichte.

Bekanntlich zeigen Platten zweiaxiger Mineralien, senkrecht zu einer optischen Axe geschnitten, zwischen gekreuzten Nicols in allen Stellungen bei einer Horizontaldrehung gleichbleibende Helligkeit in Folge der inneren conischen Refraction. Zuweilen nimmt man wohl Spuren von Interferenzfarben bei stark doppeltbrechenden farbigen Mineralien, besonders am Rande des Gesichtsfeldes, wahr (Kalkowsky, diese Zeitschr. **9**, 493). Das Milchsäureanilid zeigt aber, durch die Basis betrachtet, nicht nur Spuren, sondern sehr beträchtliche Interferenzfarben, die das ganze Gesichtsfeld gleichmässig gefärbt erscheinen lassen. Stehen die Nicolhauptschnitte ∥ und ⊥ zur Symmetrieebene, so erscheint der Krystall in gelblichgrünem Lichte, in der 45°-Stellung aber blauviolett. Beide Farben gehen beim Drehen des Krystalles durch einen dem Weiss angenäherten, rosaähnlichen Farbenton ziemlich schnell in einander über. Eine Auslöschung findet selbstverständlich bei keiner Stellung statt. Jene Interferenzfarben sind nun sehr bemerkenswerther Weise so gut wie unabhängig von der Dicke der Krystalle. Wenigstens konnte bei Krystallen von ca. $\frac{1}{2}$—2 mm Dicke keine merkliche Aenderung der Interferenzfarben wahrgenommen werden. Erst bei noch grösseren Differenzen in der Dicke — mir liegen sie bis 3 mm vor — kann man, bei etwas gutem Willen, kleine Abweichungen in der Farbennüance beobachten, die aber wohl in Absorptionsverhältnissen begründet sein werden. Stellt man die Basis schief zum einfallenden Lichte, dann ändern sich die Farben, z. B. wenn die Neigung in die Zone $0P:\infty P(001):(110)$ fällt, in hellweingelb und himmelblau; bei immer steilerer Stellung der Basis wird das Gelb immer heller, das Blau dunkler, bis man schliesslich, wenn die Strahlen senkrecht zu den Prismenflächen durchgehen, die gewöhnlichen Erscheinungen der Auslöschung (hell und dunkel) wahrnimmt.

Lässt man einfarbiges Licht, wie man es durch rothes oder gelbes Glas erhält, senkrecht zur Basis durch den Krystall treten, dann beobachtet man die normale Erscheinung, wie sie sich sonst bei senkrecht zu einer optischen Axe geschnittenen zweiaxigen Krystallplatten zeigt: die gleichbleibende Helligkeit in der betreffenden Farbe in jeder Stellung bei einer Umdrehung.

Wenn auch die Theorie verlangt, dass die Interferenzfarbe sich mit der Dicke der Platte nur wenig ändert, sofern die Strahlen parallel einer optischen Axe die Platte durchlaufen, weil die Verzögerung des einen gegenüber dem anderen durch Doppelbrechung entstandenen Strahles ein Minimum ist, so kann doch die Erscheinung, dass bei einem so grossen Betrage der Differenzen in der Dicke der Milchsäureanilidkrystalle noch keine merkliche Aenderung der Interferenzfarbe auftritt, nicht in jenem Umstande ihre Ursache haben. Es liegt vielmehr ein eigenthümlicher Fall der inneren conischen Refraction vor. Dass wir beim Milchsäureanilid nicht die gewöhnlichen Erscheinungen dieser letzteren, sondern die eben beschriebenen, auffallend abweichenden beobachten, wird wohl in der starken Dispersion der optischen Axen seine Ursache haben, da für verschiedene Farben die conische Refraction sich sehr verschieden äussern, aber natürlich von der Dicke der Krystalle unabhängig sein muss.

Eine genauere optische Untersuchung dieser interessanten Substanz steht von anderer Seite noch bevor.

Der Eintritt von CH_3 im Milchsäureanilid an Stelle von H im Glycolanilid hat keine Aenderung des Systemes bewirkt. Es ergeben sich selbst noch morphotropische Beziehungen, und zwar insbesondere im Prismenwinkel; denn es ist:

Glycolanilid	$(110):(1\bar{1}0)$	$= 80^{0}19'$
Milchsäureanilid	$(110):(1\bar{1}0)$	$= 79\ 20$

Fassen wir d beim Milchsäureanilid als $\{112\} - \frac{1}{2}P$ auf, dann wird das Axenverhältniss bei

Glycolanilid $a : b : c = 0,9366 : 1 : 1,208$; $\beta = 64^{0}17'$.

Milchsäureanilid $a : b : c = 0,8590 : 1 : 1,2828$; $\beta = 74^{0}57'$.

Die Axen a und c haben dann eine innerhalb der Fehlergrenzen vollständig gleiche Abänderung, aber im entgegengesetzten Sinne erfahren. Axe a ist beim Glycolanilid um 0,0776 grösser als beim Milchsäureanilid, [illegible]e c beim ersteren um 0,0748 kleiner als bei letzterem. Die Axenschiefe [illegible]ich beträchtlich verändert.

6. Para-Dimethylglutarsäure,

$$\begin{array}{c} CH_3 - CH - COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 - CH - COOH . \end{array}$$

Schmelzpunkt 128⁰. Krystallisation aus Chloroform + Ligroin.
(Dargestellt von Prof. Dr. Bischoff. Chem. Lit.: Ber. d. d. chem. Ges. **24**, 459 und 1074; vorläufige krystallogr. Daten vom Verf., ebenda 1082.)

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,8274 : 1 : 0,70105 ;$$
$$\beta = 70^{0}\,15'.$$

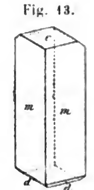


Fig. 13.

Sehr kleine, weisse Kryställchen von säulenförmigem Habitus durch Vorwalten der Verticalaxe. Combination von $m = \{110\}\infty P$, $c = \{001\}0P$, $d = \{\bar{1}11\}P$ (Fig. 13).

Die Untersuchung von fünf Krystallen ergab Folgendes.

	Gemessen: Grenzwerthe:	Mittel:	Berechnet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0)$ =	75°36′—76° 4′	*75° 49′	—
$m : c = (110):(001)$ =	74 24 — 74 41	*74 32	—
$c : d = (001):(\bar{1}11)$ =	55 18 — 55 28	*55 25	—
$m : d = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$ =	49 55 — 50 23	50 4	50° 3′
$d : d = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$ =	—	62 58	63 19

Die Prismenflächen sind in ihrer Längsrichtung gewöhnlich gekrümmt, die Hemipyramidenflächen stets sehr klein; nur in einem Falle erlaubten sie eben noch die ungefähre Messung eines Polkantenwinkels.

Spaltbarkeit vollkommen nach $\{001\}0P$. Auslöschungsschiefe auf $\{110\}\infty P = 45^{0}$. In der Richtung senkrecht zu dem als Krystallfläche nicht auftretenden $\{010\}\infty R\infty$ hindurchgesehen constatirt man eine Auslöschung von ca. 24° zur Prismenkante. Auf der Prismenfläche erblickt man am Rande des Gesichtsfeldes den Austritt einer optischen Axe.

7. Aethylmethylglutarsäure (»Mischsäure«).

$$\begin{array}{c} CH_3 - CH - COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ C_2H_5 - CH - COOH . \end{array}$$

Schmelzpunkt 72⁰—74⁰. Krystallisation aus Ligroin.
(Dargestellt von Prof. Dr. Bischoff und Dr. Mintz. Chem. Lit.: Ber. d. d. chem. Ges. **24**, 1053.)

Von der Aethylmethylglutarsäure, welche zwei asymmetrische Kohlenstoffatome besitzt, existiren zwei Isomere, von denen das eine bei 105⁰ (Para-

säure), das andere bei 61° (Mesosäure) schmilzt. Erhitzt man die Säure von 105°, so erhält man eine weitere Aethylmethylglutarsäure, die bei 72°—74° schmilzt und ein Gemisch der beiden Säuren von 105° und 61° darstellt. Diese »Mischsäure« ist es, welche hier der krystallographischen Untersuchung unterworfen worden ist. Dieselbe Mischsäure erhält man auch, wenn man die Säure von 61° mit conc. HCl im zugeschmolzenen Rohre erhitzt. Aus der Mischsäure lässt sich umgekehrt die Säure 105° ausscheiden, wenn zu der conc. Lösung in Aether ein Krystall der Säure 105° zugegeben wird. Von den beiden Säuren 105° und 61° sind leider keine messbaren Krystalle erhalten worden, so dass die morphotropischen Beziehungen, die hier von grossem Interesse zu sein versprachen, nicht festzustellen waren. Die mikroskopisch kleinen Krystalle der Säure 105° besitzen prismatischen Habitus mit steiler polarer Endigung. Die Auslöschungsschiefe wurde wiederholt zu 40° gemessen. Die Säure von 61° gestattete bei der pulverartigen trüben Beschaffenheit der Substanz auch nicht einmal eine mikroskopische Prüfung.

Krystallsystem der »Mischsäure«: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,2407 : 1 : ?; \quad \beta = 73^\circ 48'.$$

Weisse bis farblose, drusenartig vereinigte Krystalle von säulenförmigem Habitus. Combination von $\{110\}\infty P$, $\{001\}0P$. Es wurde gefunden im Mittel dreier Messungen:

$$(110):(1\bar{1}0) = 99^\circ 59'$$
$$(110):(001) = 79 \;\; 40$$

Die Ausbildung der Prismenflächen ist durchgängig wegen grosser Krümmung und sonstiger Unebenheiten recht schlecht, so dass obige Winkelwerthe und das Axenverhältniss nur als approximative Werthe angesehen werden können. Auch die Basis wurde nur selten derartig befunden, dass sie angenäherte Messungen zuliess. Meistens ist sie treppenförmig vertieft, ja es kommen solche Krystalle vor, bei denen die Prismenflächen nur Wände darstellen, während im Inneren ein grösserer oder kleinerer prismatischer Hohlraum eingeschlossen wird, welcher bis zu der den drusenartig vereinigten Krystallen gemeinsamen Grundfläche reicht.

Der complementäre Werth des Winkels (110):(001) im Vergleiche zu (110):($\bar{1}$10) legte die Vermuthung nahe, dass die Krystalle nach einer Axe verzerrte Rhomboëder darstellen könnten. Dem widersprechen aber die optischen Eigenschaften. Die Krystalle löschen auf den vermeintlichen Rhomboëderflächen (entsprechend den monoklinen Prismenflächen) nicht parallel den Diagonalen aus, sondern unter einem Winkel von 26°, während die diagonale Auslöschung einen Winkel von ca. 40° verlangen würde. Auf der monoklinen Basis ist die erforderliche diagonale Auslöschung dagegen vorhanden.

Spaltbarkeit vollkommen nach $\{001\}$, ziemlich vollkommen nach $\{110\}$.

Der Ersatz einer Methylgruppe in der Dimethylglutarsäure durch Aethyl in der Aethylmethylglutarsäure bewirkt keine Aenderung des Systemes. Obgleich die krystallographischen Unterlagen noch mangelhaft sind, so möge doch auf die morphotropische Beziehung hingewiesen sein, dass, wenn man bei der Aethylmethylglutarsäure das Prisma $\{110\}\infty P$ als $\{230\}\infty R^{3}_{2}$ auffasst, sich dann eine völlige Uebereinstimmung der Klinoaxen ergiebt; denn man erhält:

Dimethylglutarsäure	$a:b:c = 0{,}8274:1:0{,}70105$
Aethylmethylglutarsäure	$a:b:c = 0{,}8272:1:\ ?$.

Mit der Aethylmethylglutarsäure ist isomer die Aethyldimethylbernsteinsäure, wie aus folgenden Formeln ersichtlich:

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ CH_3 - C - COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ C_2H_5 - C - COOH \\ | \\ H \end{array} \qquad \begin{array}{c} H \\ | \\ C_2H_5 - C - COOH \\ | \\ CH_3 - C - COOH \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

Aethylmethylglutarsäure

Aethyldimethylbernsteinsäure. Schmelzpunkt 139°.

Die verschiedene Structur bewirkt auch hier wieder eine Aenderung des Systemes. Wenn auch keine messbaren Krystalle der Aethyldimethylbernsteinsäure vorlagen, so konnte ich doch an mikroskopischen Krystallen das rhombische System nachweisen (Näheres: Ber. d. deutsch. chem. Ges. **24**, 1052).

Wie nun einerseits ein Ersatz von CH_3 durch C_2H_5 in den oben beschriebenen Glutarsäuren keinen Systemwechsel hervorbringt, so bewirkt andererseits ein Ersatz von C_2H_5 durch C_3H_7 bei der Aethyldimethylbernsteinsäure ebenfalls keinen Systemwechsel. Die so entstehende Propyldimethylbernsteinsäure krystallisirt gleichfalls rhombisch und soll im Folgenden noch behandelt werden.

8. Propyldimethylbernsteinsäure,

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ C_3H_7 - C - COOH \\ | \\ CH_3 - C - COOH \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

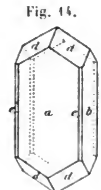
Schmelzpunkt 140°—141°. Krystallisation aus Wasser.

(Dargestellt von Prof. Dr. Bischoff und Stud. Tigerstedt. Chem. Lit.: Ber. d. d. chem. Ges. **24**, 1056; vorläufige krystallogr. Daten ebenda S. 1059.)

Krystallsystem: Rhombisch.

$a : b : c = 0,8778 : 1 : 0,5961$.

Fig. 14.



Kleine, weisse, säulenförmige Kryställchen der Comb. $a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$, $b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$, $c = \{110\}\infty P$, $d = \{111\}P$ (Fig. 14). Das Prisma ist nicht immer vorhanden und, wenn zugegen, oft nur mit einer oder zwei Flächen ausgebildet. Infolge vorherrschenden Wachsthumes zweier benachbarter Pyramidenflächen können die Kryställchen zuweilen stark verzerrt erscheinen. Die Flächen der Säulenzone sind meist infolge von Krümmung und verticaler Streifung schlecht ausgebildet; die Pyramidenflächen sind besser.

Die Messung von drei Krystallen ergab:

	Gemessen: Grenzwerthe:	Mittel:	Berechnet:
$d : d = (111):(1\bar{1}1)$ =	52° 24′—52° 36′	*52° 29′	—
$d : d = (111):(\bar{1}11)$ =	60 30 — 60 31	*60 31	—
$d : b = (111):(010)$ =	63 28 — 63 51	63 42	63° 38′
$d : a = (111):(100)$ =	59 37 — 59 48	59 44	59 44½
$d : c = (111):(110)$ =	—	—	47 54
$c : a = (110):(100)$ =	40 53 — 41 55	41 21	41 16½

Spaltbarkeit vollkommen nach den beiden Pinakoiden. Auf den Pinakoidflächen perlmutterähnlicher Glasglanz. Optische Axenebene das Makropinakoid.

Obgleich die Substanz ein asymmetrisches Kohlenstoffatom besitzt, und es daher von vornherein wahrscheinlich wäre, dass sie hemiëdrisch ist, so wird diese Vermuthung doch nicht gestützt durch die Flächenentwickelung; denn wenn die Pyramidenflächen an einem Pole eine ungleiche Entwickelung besitzen, so geschieht dies in der Regel derart, dass zwei benachbarte [z. B. (111) und $(1\bar{1}1)$] sich auf Kosten der anderen beiden Flächen stark entwickeln, aber nicht zwei gegenüberliegende [z. B. (111) und $(\bar{1}\bar{1}1)$], wie dies bei hemiëdrischem Bau zu erwarten wäre. Die Untersuchung der Aetzfiguren lieferte, weil diese deutlich nicht zu erhalten waren, kein entscheidendes Resultat.

Riga, mineralogisches Institut des Polytechnikums, Juli 1892.

VII. Auszüge.

1. E. Blasius (in Berlin): **Beitrag zur geometrischen Krystallographie** (Wiedemann's Ann. d. Phys. **1890, 41,** 538—564). — Möbius stellte (1849) folgenden Satz auf: »Hat man vier Ebenen, von denen keine drei einer und derselben Geraden parallel sind, und werden die von einem der vier Durchschnittspunkte *D* je dreier der vier Ebenen ausgehenden drei Durchschnittslinien *DA*, *DB*, *DC* von der vierten Ebene in *A*, *B*, *C* und von einer fünften in *A'*, *B'*, *C'* geschnitten, so nenne man, wenn die zwei Verhältnisse zwischen den drei Verhältnissen $DA : DA'$, $DB : DB'$, $DC : DC'$ rational sind, die fünfte Ebene *A' B' C'* aus den vier ersteren arithmetisch ableitbar.

»Werden ferner zu den vier ersteren Ebenen andere noch hinzugefügt, dergestalt, dass jede neue mit zweien der gegenseitigen Durchschnittslinien der bereits vorhandenen Ebenen parallel ist, so heisse jede dieser neuen Ebenen aus den vier ersteren geometrisch ableitbar. Es lässt sich dann zeigen, dass jede aus den vier ersteren arithmetisch ableitbare Ebene aus ihnen auch geometrisch ableitbar ist und umgekehrt jede geometrisch ableitbare Ebene es auch arithmetisch ist.«

Die erstere Fassung, die arithmetische Ableitung, ist der Ausdruck des Gesetzes der Rationalität der Indices, die letztere, die geometrische Ableitung, der Ausdruck des Zonengesetzes.

Ein Möbius'sches räumliches Netz, dem die unendlich ferne Ebene angehört, kann in der That als krystallographisches Netz bezeichnet werden. Indem man durch einen Punkt Parallelen zu allen Ebenen und Kanten legt, erhält man einen Ebenenbündel, welcher bei krystallographischen Untersuchungen vielfach die Stelle des Netzes vertritt. Dem krystallographischen Netze im Raume entspricht in der Ebene ein Netz, dem ausser dreien im Endlichen gelegenen Geraden auch die unendlich ferne Gerade angehört, dem Ebenenbündel im Raume entspricht ein Strahlenbündel in der Ebene. Legt man durch irgend einen Punkt *P* der Ebene zu drei im Endlichen gelegenen Geraden *a*, *b*, *c* parallele Geraden *a'*, *b'*, *c'*, so können die durch *P* gehenden Parallelen zu den übrigen Geraden des Netzes auch erhalten werden, indem man zu den drei Geraden *a'*, *b'*, *c'* die vierten harmonischen sucht, diese zum System rechnet und dann fortgesetzt zu je drei Geraden des Systems die vierten harmonischen sucht. Die Gesammtheit der Ebenen, welche man aus drei durch eine Gerade gehenden Ebenen durch fortgesetzte Construction der vierten harmonischen erhält, sind die krystallographischen Ebenen

einer Zone. Geht man statt von vier bestimmten Ebenen, von vier beliebigen anderen Ebenen des Systems aus, so erhält man doch dasselbe System.

Verf. ist der Ansicht, dass die Geometrie der eigentlichen Netze, bei denen also auf die lineare Construirbarkeit der Stücke aus gegebenen Elementen das Hauptgewicht zu legen ist, in vielen Fällen in der Krystallographie eine leichte Anwendbarkeit finden könne und führt eine Reihe von diesbezüglichen Sätzen an:

»Sind in einem krystallographischen Ebenenbüschel zwei auf einander senkrechte Ebenen vorhanden, so ist das Ebenenbüschel symmetrisch in Bezug auf diese Ebenen.«

»Wenn senkrecht zu einer krystallographischen Ebene eine krystallographische Kante vorhanden ist, so ist die Ebene eine Symmetrieebene des krystallographischen Netzes.«

»Sind in einem krystallographischen Ebenenbündel drei auf einander senkrechte Ebenen vorhanden, so sind es Symmetrieebenen des Bündels.«

»Sind in einem krystallographischen Ebenenbüschel zwei Paare auf einander senkrechter Ebenen vorhanden, so sind unendlich viele solche Paare vorhanden. Jeder krystallographischen Ebene des Büschels entspricht eine andere krystallographische Ebene des Büschels, welche zu ihr senkrecht liegt.«

»Wenn in einem krystallographischen Bündel zwei von einander ganz verschiedene rechtwinklige Dreikante oder Dreiflache vorhanden sind, so sind deren unendlich viele vorhanden.«

»Ist in einem krystallographischen Ebenenbündel ein rechtwinkliges Dreikant vorhanden und ausserdem eine Krystallkante zu einer Krystallfläche normal, so steht auf jeder Krystallkante eine Krystallfläche senkrecht und umgekehrt.«

Zur Transformation der Indices werden vier Ebenen eines Bündels vier andere Ebenen zugeordnet. Das Ebenenbündel mit transformirten Indices ist projectivisch dem ursprünglichen; hieraus ergeben sich wieder eine Reihe allgemeiner Sätze.

Das Problem der Ausdehnung der Krystalle durch die Wärme ist vom Verf. bereits früher (diese Zeitsch. **11**, 140) nach der Methode der synthetischen Geometrie behandelt worden.

Bei der secundären Zwillingsbildung sind die Lagen, in welchen sich die Strahlenbündel eines Systems, dessen Centrum fest bleibt, vor und nach der Deformation zu einander befinden, perspectivisch; auch daraus lassen sich Sätze ableiten.

Findet bei der Umwandlung aus einer Modification in eine andere keine Ausdehnung in der Trennungsebene Π' statt, so haben zwei collineare Bündel, deren Centrum in der Ebene Π' liegt, und welche die Lage der Flächen des Krystalles vor und nach der Umwandlung repräsentiren, ein Strahlenbüschel erster Ordnung gemein, nämlich das in der Ebene Π' liegende.

Von den Erklärungsversuchen der geometrischen Krystallgesetze »scheinen die meisten darauf hinaus zu kommen, die wirkenden Kräfte bei der Krystallbildung senkrecht zu den Flächen des Krystalles anzunehmen und das Grundgesetz der Krystallographie, das Zonengesetz, Gesetz der rationalen Indices oder der arithmetischen und geometrischen Ableitung als eine Folge der fortgesetzten Combination der Kräfte nach dem Parallelogramm der Kräfte zu entwickeln. Man geht in den meisten Fällen (das hexagonale System wird gewöhnlich anders behandelt) von drei zu drei Flächen normalen Kräften aus, deren gegenseitiges Verhältniss, nicht aber ihr absoluter Betrag, sich bestimmt durch die Lage der

ersten Resultanten der drei Flächen, welche senkrecht zu einer vierten Fläche, gewöhnlich der primären Pyramide, angenommen wird.

Setzt man nun nach dem Parallelogramm der Kräfte zusammen, so führt man thatsächlich nur die linearen Constructionen aus, welche auf Grundlage eines Tetraëders, das die vier Kräfte zu Kanten hat, und der unendlich fernen Ebene anzustellen sind. Das heisst, wir erhalten ein System von Ebenen und Strahlen, welches dem Gesetze der geometrischen Ableitung gehorcht.

[Nach den Untersuchungen des Ref. (vergl. diese Ztschr. **17**, 334 und 335 und **19**, **241**) kann man in ähnlicher Weise verfahren, darf jedoch die wirkenden Kräfte nicht senkrecht, sondern muss sie in die Flächen des Krystalls legen.]

Ref.: J. Beckenkamp.

2. E. von Fedorow (in Petersburg): **Gonoëdrische demonstrative Apparate in Anwendung auf die Krystallographie** (Neues Jahrb. für Mineral. etc. 1890, I, 234—247). — Als Gonoëder bezeichnet Verf. das Raumgebilde, welches von *n* aus einem Punkte entspringenden Seitenebenen umfangen ist, d. h. das was man gewöhnlich körperliche Ecke nennt; als elementaren Gonoëder einer symmetrischen Figur einen solchen, welcher von Ebenen umfangen ist, die durch das Centrum der Symmetrie und sämmtliche Kanten einer und derselben Fläche dieser Figur gehen.

Die gonoëdrischen Spiegel lassen sich nur für solche Abtheilungen der symmetrischen Systeme construiren, in welchen die elementaren Gonoëder constant sind und dabei durch die Symmetrieebenen begrenzt werden.

Die drei bezüglich zwei Spiegel müssen unter folgenden Flächenwinkeln befestigt werden:

1)	Holoëdrie des regulären Systems	45°, 60°, 90°,
2)	tetraëdrische Hemiëdrie des regulären Systems	60°, 60°, 90°,
6)	Holoëdrie des hexagonalen Systems	30°, 90°, 90°,
13)	sphenoidische Hemiëdrie des hexagonalen Systems	60°, 90°, 90°,
18)	Holoëdrie des tetragonalen Systems	45°, 90°, 90°,
25)	Holoëdrie des rhombischen Systems	90°, 90°, 90°,
11)	Hemimorphie des hexagonalen Systems	30°,
16)	sphenoidische Tetartoëdrie des hexagonalen Systems	60°,
23)	Hemimorphie des tetragonalen Systems	45°,
27)	Hemimorphie des rhombischen Systems	90°.

In den von den Spiegeln gebildeten Gonoëder, dessen Ecke nach unten gerichtet ist, wird eine solche Flüssigkeit gegossen, die eine möglichst flach horizontale Ebene bildet (Quecksilber). Auf einem horizontalen Brette ist die gnomonische Projection der den betreffenden Familien angehörenden Körper angegeben; mit dem Gonoëder ist ein Zeiger verbunden, und bei passender Aufstellung des Gonoëders erscheint in den Spiegeln das Bild desjenigen Körpers, auf welchen der Zeiger hinweist.

Um auch die übrigen Systeme demonstriren zu können, dient ein anderer Apparat. Er besteht aus einer hölzernen Kugel, auf welcher die Symmetrieebenen und Axen angedeutet sind. An den Polpunkten der Symmetrieaxen sind Stifte eingesteckt, welche an ihren Enden Messingplatten tragen; letztere sind so ausgeschnitten, dass sie Winkel bilden, welche den betreffenden Symmetrieaxen entsprechen (gerade Linien bei zweizähligen, 120° bei dreizähligen Axen). In

die Halbirungslinie des Winkelraumes wird ausserdem ein Messingdraht angebracht. Draht und Platte werden der Oberfläche der Kugel entsprechend gebogen. Dieser Apparat giebt den Umriss des elementaren Gonoëders der allgemeinsten Form der betreffenden Familie an, der Schnittpunkt der Drähte den Pol einer Fläche. Kennt man also den Pol einer Fläche, so muss man, um den Umriss zu erhalten, die Drähte so legen, dass sie durch den Pol gehen.

Ref.: J. Beckenkamp.

8. W. Voigt (in Göttingen): **Ueber die elastische Symmetrie des Dolomit** (Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **40**, 642—652). — Bezüglich ihres elastischen Verhaltens theilen sich die Familien des hexagonalen Systemes bekanntlich in drei Gruppen (vergl. diese Zeitschr. **11**, 98).

A. 1) Holoëdrische, 2) hemimorph-hemiëdrische, 3) trapezoëdrisch-hemiëdrische, 4) pyramidal-hemiëdrische, 5) erste hemimorph-tetartoëdrische (d. h. Hemimorphie der trapezoëdrischen und der pyramidalen Hemiëdrie), 6) sphenoidisch-hemiëdrische, 7) sphenoidisch-tetartoëdrische Familie mit fünf Constanten.

B. 1) rhomboëdrisch-hemiëdrische, 2) zweite hemimorph-tetartoëdrische (d. h. Hemimorphie der rhomboëdrischen Hemiëdrie), 3) trapezoëdrisch-tetartoëdrische Familie mit sechs Constanten.

C. 1) rhomboëdrisch-tetartoëdrische, 2) ogdoëdrische Familie mit sieben Constanten.

Zur Untersuchung diente ein klarer und sprungfreier Dolomit von Viesch in Wallis.

Wegen Mangel an Material konnten die sieben Constanten nicht sämmtlich bestimmt werden. Verf. musste sich vielmehr damit begnügen, den Verlauf der Curven des Dehnungscoëfficienten innerhalb einer Ebene zu bestimmen, welche auf der Symmetrieebene des Rhomboëders senkrecht steht, und deren Normale den Winkel zwischen der verticalen Axe und einer Zwischenaxe halbirt. Eine solche Ebene ist gegen die natürliche Spaltfläche des Dolomits um 1^0 geneigt.

Bezeichnet man in dieser Ebene den Winkel eines Radiusvectors gegen die horizontale Linie (parallel einer Nebenaxe) mit φ, so ist der Dehnungscoëfficient innerhalb dieser Ebene für die Abtheilung C. bestimmt durch

$$E = a - b \sin^2 \varphi + c \sin^4 \varphi + d \sin \varphi \cos \varphi \, (5 \sin^2 \varphi - 2) .$$

Denn wenn in die allgemeine Gleichung für den Dehnungscoëfficienten

$$\begin{aligned} E = & s_{11} \alpha^4 + s_{22} \beta^4 + s_{33} \gamma^4 \\ & + (s_{44} + 2 s_{23}) \beta^2 \gamma^2 + (s_{55} + 2 s_{31}) \gamma^2 \alpha^2 + (s_{66} + 2 s_{12}) \alpha^2 \beta^2 \\ & + 2\alpha^2 [(s_{14} + s_{56}) \beta\gamma + s_{15} \gamma\alpha + s_{16} \alpha\beta] \\ & + 2\beta^2 [s_{24} \beta\gamma + (s_{25} + s_{64}) \gamma\alpha + s_{26} \alpha\beta] \\ & + 2\gamma^2 [s_{34} \beta\gamma + s_{35} \gamma\alpha + (s_{36} + s_{45}) \alpha\beta] \end{aligned}$$

die Bedingungen der Gruppe C. des hexagonalen Systemes (vergl. diese Zeitschr. **19**, 485) eingeführt werden, so geht dieselbe über in die Form

$$\begin{aligned} E = & s_{11} (1 - \gamma^2)^2 + s_{33} \gamma^4 + (s_{44} + 2 s_{23}) \gamma^2 (1 - \gamma^2) \\ & + 2 s_{14} \beta\gamma (3\alpha^2 - \beta^2) + 2 s_{25} \alpha\gamma (3\beta^2 - \alpha^2) ; \end{aligned}$$

für die Gruppe B. wird ausserdem $s_{25} = 0$,
für die Gruppe A. $s_{14} = s_{25} = 0$.

Die Beobachtung ergab:

$$a = 6{,}85 . 10^{-8}, \quad b = 6{,}87 . 10^{-8}, \quad c = 12{,}02^{-8}, \quad d = 1{,}76 . 10^{-8} .$$

Bei der Abtheilung B. ist in Folge der Symmetrie $d = 0$; für den Kalkspath wurde dementsprechend früher gefunden (vergl. diese Zeitschr. **19**, 485):

$$a = 11{,}14 . 10^{-8}, \quad b = 22{,}56 . 10^{-8}, \quad c = 30{,}74 . 10^{-8}, \quad d = 0 .$$

Der Verlauf der Curven von E innerhalb der Spaltungsrhomboëder von Kalkspath und Dolomit besitzt »eine gewisse Aehnlichkeit, aber diejenige des Dolomit erscheint um die Normale zur Spaltungsebene gedreht und zugleich so verzerrt, dass sie die Symmetrielinien verloren hat«.

Ref.: J. Beckenkamp.

4. W. Voigt (in Göttingen): **Bestimmungen der Elasticitätsconstanten des brasilianischen Turmalins** (Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1890, Nr. 7. Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **41**, 712—724). — Die benutzten Stäbchen stammten von einem 9 cm langen und 3 cm dicken, tief grünen Krystalle. Zur Z-Axe wird die Hauptaxe, eine Symmetrieebene zur YZ-Ebene genommen, die $+Y$-Axe tritt aus einer der um die $+Z$-Axe gelagerten Flächen des Rhomboëders $+R$ aus. Die Richtungscosinus der Länge L, Breite B, Dicke D des zu untersuchenden rechtwinkligen Stäbchens sind nach dem Schema gegeben:

	X	Y	Z
L	α	β	γ
B	α_1	β_1	γ_1
D	α_2	β_2	γ_2

Die Dehnungs- bezüglich Drillungscoëfficienten für Stäbchen der Abtheilung B. des hexagonalen Systemes sind dann:

$$\begin{aligned} E &= s_{11}(1-\gamma^2)^2 + s_{33}\gamma^4 + (s_{44} + 2s_{23})\gamma^2(1-\gamma^2) + 2s_{14}\beta\gamma(3\alpha^2 - \beta^2), \\ T &= s_{44} + [2(s_{11} - s_{12}) - s_{44}]\gamma_2^2 + 4(s_{11} + s_{33} - s_{44} - 2s_{13})\gamma^2\gamma_1^2 \\ &\quad + 4s_{14}[(\gamma\beta_1 + \beta\gamma_1)(3\alpha\alpha_1 - \beta\beta_1) - \beta_2\gamma_2] . \end{aligned}$$

Es wurden fünf Gattungen von Stäbchen benutzt:

I	(0^0)	$\alpha = \beta = 0, \quad \gamma = 1, \quad \gamma_1 = \gamma_2 = 0,$
I	$(+45^0)$	$\alpha = 0, \quad \beta = \gamma = \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad \gamma_1 = 0,$
I	(-45^0)	$\alpha = 0, \quad -\beta = +\gamma = \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad \gamma_1 = 0,$
II	(90^0)	$\alpha = 1, \quad \beta = \gamma = 0, \quad \gamma_1 = 0, \quad \gamma_2 = 1,$
II'	(90^0)	$\alpha = 1, \quad \beta = \gamma = 0, \quad \gamma_2 = 0, \quad \gamma_1 = 1.$

Setzt man für die Symmetrieebenen $\alpha = 0$, $\beta = \sin\psi$, $\gamma = \cos\psi$, so folgt aus den beobachteten Dehnungen, dass Maxima und Minima bei den Winkeln $\psi_I = 35^0$, $\psi_{II} = 0^0$, $\psi_{III} = 25^0$, $\psi_{IV} = 78{,}^05$ liegen. Aus den beobachteten Dehnungen und Drillungen folgt das System der Elasticitätsmoduln:

$$s_{11} = (3{,}94_1 \pm 0{,}005) . 10^{-8} \qquad s_{12} = -(1{,}01_1 \pm 0{,}009) . 10^{-8}$$

$$s_{33} = (6,12_4 \pm 0,002).10^{-8} \qquad s_{13} = -(0,16 \pm 0,017).10^{-8}$$
$$s_{44} = (14,83_7 \pm 0,009).10^{-8} \qquad s_{14} = +(0,57 + 0,009).10^{-8}$$

Hieraus folgen die Coëfficienten der linearen Compression parallel den Coordinatenaxen bei allseitig gleichem Drucke

$$A_1 = A_2 = 2,74.10^{-8}, \quad A_3 = 5,80.10^{-8},$$

sowie derjenige der cubischen Compression

$$M = 11,28.10^{-8},$$

endlich das System der Elasticitätsconstanten

$$c_{11} = 27,54.10^6 \qquad c_{12} = +7,04.10^6$$
$$c_{33} = 16,38.10^6 \qquad c_{13} = +0,90.10^6$$
$$c_{44} = 6,80.10^6 \qquad c_{14} = -0,79.10^6.$$

Wären die elastischen Kräfte nur Wechselwirkungen zwischen nicht polarisirten Molekülen, so müsste sein:

$$c_{13} = c_{44}, \quad c_{11} = 3c_{12};$$

die erste Gleichung würde erfüllt sein, wenn die Hauptaxe Z bezüglich der Attraction sich ebenso verhielte, wie die X- und die Y-Axe, die zweite, wenn die Y- und die X-Richtung sich gleich verhielten.

Es sind diese Werthe:

	c_{13}	c_{44}	c_{11}	$3c_{12}$
bei Beryll	6,74	6,66	27,46	29,40
- Bergkrystall	1,44	5,82	8,68	2,13
- Kalkspath	4,60	3,49	13,97	13,95
- Turmalin	0,90	6,80	27,54	21,12

Der Umstand, dass die beiden stark pyroëlektrischen Mineralien Turmalin und Bergkrystall auch die stärksten Abweichungen von jenen beiden Gleichungen zeigen, scheint dafür zu sprechen, dass jene molekulare Polarität eine elektrische ist.

Unter Benutzung der thermischen linearen Ausdehnungscoëfficienten von Pfaff:

$$a_1 = a_2 = 7,73.10^{-6}, \qquad a_3 = 9,37.10^{-6}$$

folgen die Werthe der thermischen Drucke parallel den Axen:

$$q_1 = q_2 = 275,8; \qquad q_3 = 167,5.$$

Ref.: J. Beckenkamp.

5. **W. Voigt** (in Göttingen): **Allgemeine Theorie der piëzo- und pyroëlektrischen Erscheinungen an Krystallen** (Abh. der k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1890, **36**, 99 S.). — Es wurde zuerst von J. und P. Curie (vergl. diese Zeitschr. **6**, 291) und später von Röntgen (vergl. diese Zeitschr. **9**, 418) die Ansicht geäussert, dass sowohl die bei Temperatur-, als auch die bei Druckänderungen auftretenden elektrischen Erregungen von Krystallen auf eine gemeinsame Ursache, namentlich auf die Deformation der Volumenelemente zurückzuführen seien.

Verf. entwickelt auf Grundlage dieser Ansicht eine Theorie, welche die hierher gehörigen Erregungen nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ im Voraus zu berechnen gestattet, sobald eine Anzahl von Constanten bekannt ist. Von allen Wirkungen zweiter und höherer Ordnung z. B. der durch die elektrische Vertheilung ihrerseits bewirkten Deformation und dadurch wieder veränderten elektrischen Polarisation u. s. w. wird zunächst abgesehen; es könnte nöthigenfalls durch Correctionsglieder denselben Berücksichtigung zu Theil werden, indessen haben Vergleiche an den Beobachtungen beim Turmalin gezeigt, dass dieselben nicht nöthig sind.

Es werden die elektrischen Momente ABC der Volumeneinheit parallel den Axen XYZ an irgend einer Stelle xyz des Krystalles als Functionen der Deformationen x_x, y_y, z_z, y_z, z_x, x_y an derselben Stelle betrachtet. »Welche Werthe die ABC in dem sogenannten natürlichen Zustande des Krystalles, d. h. bei normaler Temperatur und ohne Einwirkung äusserer Kräfte besitzen, ist uns im Allgemeinen unbekannt; bei einigen Krystallsystemen ist allerdings aus Symmetrierücksichten klar, dass sie im natürlichen, wie in jedem in Folge von constantem Drucke oder constanter Temperatur dilatirten Zustande verschwindende elektrische Momente haben müssen; wo dies aber nicht stattfindet, besitzt in Folge der gleichviel wie geringen Leitungsfähigkeit seiner Oberfläche ein jeder Krystall von vornherein eine elektrische Oberflächenladung, welche die Wirkung der inneren Vertheilung für alle äusseren Punkte compensirt. Diese Oberflächenschicht verändert sich, wenn sich die Momente im Inneren ändern, und nimmt bei jedem deformirten Zustande des Krystalles, der längere Zeit andauert, allmählich wieder eine solche Dichte an, dass die Wirkung der inneren Polarisation auf äussere Punkte vernichtet wird.«

Wir könnnen also nur die Differenzen $A-A^0=a$, $B-B^0=b$, $C-C^0=c$, »die erregten Momente« beobachten und untersuchen. Da die a, b, c erfahrungsgemäss mit den Deformationen ihr Zeichen wechseln, so müssen sie ungerade Functionen der letzteren sein, und da man sich ebenso wie in der Elasticitätstheorie auf unendlich kleine Deformationen beschränken muss, so kann man die a, b, c als lineare Functionen der x_x etc. betrachten. Der allgemeine Ansatz lautet demnach:

$$\begin{aligned}
a &= \varepsilon_{11}x_x + \varepsilon_{12}y_y + \varepsilon_{13}z_z + \varepsilon_{14}y_z + \varepsilon_{15}z_x + \varepsilon_{16}x_y\\
b &= \varepsilon_{21}x_x + \varepsilon_{22}y_y + \varepsilon_{23}z_z + \varepsilon_{24}y_z + \varepsilon_{25}z_x + \varepsilon_{26}x_y\\
c &= \varepsilon_{31}x_x + \varepsilon_{32}y_y + \varepsilon_{33}z_z + \varepsilon_{34}y_z + \varepsilon_{35}z_x + \varepsilon_{36}x_y\,.
\end{aligned}$$

Nach den Theorien von W. Thomson und E. Riecke (vergl. diese Zeitschr. **13**, 577 und **15**, 312) sind die Aenderungen der elektrischen Momente ebenfalls als lineare Functionen der Deformationen anzusehen, welche die Krystalle durch die gleichförmig vorausgesetzte Erwärmung erleiden; aber es wird angenommen, dass die Einwirkung nur insoweit eintritt, als durch eine Dilatation des Volumens im Innern und eine Aenderung der Grösse der mit einer Oberflächenschicht bedeckten Flächen der Werth des ursprünglich vorhandenen Momentes der Volumeneinheit und die Dichte der Oberflächenschicht geändert wird. Verf. macht dagegen geltend, dass einerseits die so specialisirte Annahme nur die Veränderung eines vorhandenen Momentes, aber nicht die Entstehung eines ganz neuen zu erklären vermag. Es giebt aber Krystalle, von denen wir aus Symmetrieverhältnissen wissen, dass sie im natürlichen und jedem gleichförmig dilatirten Zustande keine elektrischen Momente besitzen können, und in denen doch bei ungleichförmigen Dilatationen erfahrungsgemäss dergleichen ein-

treten. Ein Beispiel hierfür ist der Quarz, der nach Symmetrie im gleichförmig dilatirten Zustande drei gleiche elektrische Axen haben müsste, also, da ein Körper nach der Definition der Hauptaxe als der Richtung grössten elektrischen Momentes, wie bekannt, nur eine Hauptaxe haben kann, keine dergleichen haben muss, und der doch bei ungleichförmiger Dilatation elektrisch erregt wird.

»Und andererseits ist mit der erwähnten Beschränkung unvereinbar die Elektrisirung eines Krystalles durch eine Deformation, welche seine Gestalt und seine Dichte ungeändert lässt, wie z. B. die Drillung eines Kreiscylinders. Dass eine solche Erregung aber nicht existiren könne, ist von vornherein nicht wahrscheinlich; ausserdem scheinen gewisse Beobachtungen von Herrn Röntgen das Gegentheil zu beweisen.«

Die zu Anfang erwähnten drei Grundgleichungen gelten für ein Coordinatensystem, welches in keinem Zusammenhange mit einem dem Krystall etwa eigenen Symmetriesysteme steht. Es wird angenommen, dass die Symmetrie der Krystallform stets niedriger oder gleich, aber nie höher sei als die Symmetrie des physikalischen Verhaltens. Wird das Coordinatensystem der Symmetrie angepasst, so treten für die einzelnen Krystallfamilien folgende vereinfachte Gleichungen ein.

I. Triklines System.

1) Holoëdrie.

$$a = b = c = 0 .$$

2) Hemiëdrie.

$$\begin{aligned} a &= \varepsilon_{11} x_x + \varepsilon_{12} y_y + \varepsilon_{13} z_z + \varepsilon_{14} y_z + \varepsilon_{15} z_x + \varepsilon_{16} x_y \\ b &= \varepsilon_{21} x_x + \varepsilon_{22} y_y + \varepsilon_{23} z_z + \varepsilon_{24} y_z + \varepsilon_{25} z_x + \varepsilon_{26} x_y \\ c &= \varepsilon_{31} x_x + \varepsilon_{32} y_y + \varepsilon_{33} z_z + \varepsilon_{34} y_z + \varepsilon_{35} z_x + \varepsilon_{36} x_y . \end{aligned}$$

II. Monoklines System.

3) Holoëdrie.

$$a = b = c = 0 .$$

4) Hemimorphie.

$$\begin{aligned} a &= \varepsilon_{14} y_z + \varepsilon_{15} z_x , \quad b = \varepsilon_{24} y_z + \varepsilon_{25} z_x , \\ c &= \varepsilon_{31} x_x + \varepsilon_{32} y_y + \varepsilon_{33} z_z + \varepsilon_{36} x_y . \end{aligned}$$

5) Hemiëdrie.

$$\begin{aligned} a &= \varepsilon_{11} x_x + \varepsilon_{12} y_y + \varepsilon_{13} z_z + \varepsilon_{16} x_y , \\ b &= \varepsilon_{21} x_x + \varepsilon_{22} y_y + \varepsilon_{23} z_z + \varepsilon_{26} x_y , \\ c &= \varepsilon_{34} y_z + \varepsilon_{35} z_x . \end{aligned}$$

III. Rhombisches System.

6) Holoëdrie.

$$a = b = c = 0 .$$

7) Hemimorphie.

$$\begin{aligned} a &= \varepsilon_{15} z_x , \quad b = \varepsilon_{24} y_z , \\ c &= \varepsilon_{31} x_x + \varepsilon_{32} y_y + \varepsilon_{33} z_z + \varepsilon_{36} x_y . \end{aligned}$$

8) Hemiëdrie.

$$a = \varepsilon_{14} y_z , \quad b = \varepsilon_{25} z_x , \quad c = \varepsilon_{36} x_y .$$

IV. Tetragonales System.

9) Holoëdrie.

$$a = b = c = 0\,.$$

10) Hemimorphie.

$$a = \varepsilon_{15} z_x\,,\quad b = \varepsilon_{15} y_z\,,$$
$$c = \varepsilon_{31}(x_x + y_y) + \varepsilon_{33} z_z\,.$$

11) Trapezoëdrische Hemiëdrie.

$$a = \varepsilon_{14} y_z\,,\quad b = -\varepsilon_{14} z_x\,,\quad c = 0\,.$$

12) Pyramidale Hemiëdrie.

$$a = b = c = 0\,.$$

13) Hemimorphie der trapezoëdrischen Hemiëdrie.

$$a = \varepsilon_{14} y_z + \varepsilon_{15} z_z\,,\quad b = \varepsilon_{15} y_z - \varepsilon_{14} z_x\,,$$
$$c = \varepsilon_{31}(x_x + y_y) + \varepsilon_{33} z_z\,.$$

14) Sphenoidische Hemiëdrie.

$$a = \varepsilon_{14} y_z\,,\quad b = \varepsilon_{14} z_x\,,\quad c = \varepsilon_{36} x_y\,.$$

15) Sphenoidische Tetartoëdrie.

$$a = \varepsilon_{14} y_z + \varepsilon_{15} z_x\,,\quad b = -\varepsilon_{15} y_z + \varepsilon_{14} z_x\,,$$
$$c = \varepsilon_{31}(x_x - y_y) + \varepsilon_{36} x_y\,.$$

V. Hexagonales System.

16) Holoëdrie.

$$a = b = c = 0\,.$$

17) Hemimorphie.

$$a = \varepsilon_{15} z_x\,,\quad b = \varepsilon_{15} y_z\,,$$
$$c = \varepsilon_{31}(x_x + y_y) + \varepsilon_{33} z_z\,.$$

18) Trapezoëdrische Hemiëdrie.

$$a = \varepsilon_{14} y_z\,,\quad b = -\varepsilon_{14} z_x\,,\quad c = 0\,.$$

19) Pyramidale Hemiëdrie.

$$a = b = c = 0\,.$$

20) Hemimorphie der trapezoëdrischen und pyramidalen Hemiëdrie.

$$a = \varepsilon_{14} y_z + \varepsilon_{15} z_x\,,\quad b = \varepsilon_{15} y_z - \varepsilon_{14} z_x\,,$$
$$c = \varepsilon_{31}(x_x + y_y) + \varepsilon_{33} z_z\,.$$

21) Sphenoidische Hemiëdrie.

$$a = \varepsilon_{11}(x_x - y_y)\,,\quad b = -\varepsilon_{11} x_y\,,\quad c = 0\,.$$

22) Sphenoidische Tetartoëdrie.

$$a = \varepsilon_{11}(x_x - y_y) - \varepsilon_{22} x_y\,,\ b = -\varepsilon_{22}(x_x - y_y) - \varepsilon_{11} x_y\,,\ c = 0\,.$$

23) Rhomboëdrische Hemiëdrie.

$$a = b = c = 0\,.$$

24) Hemimorphie der rhomboëdrischen Hemiëdrie.

$$a = \varepsilon_{15} z_x - \varepsilon_{22} x_y\,,\quad b = -\varepsilon_{22}(x_x - y_y) + \varepsilon_{15} y_z\,,$$
$$c = \varepsilon_{31}(x_x + y_y) + \varepsilon_{33} z_z\,.$$

25) Trapezoëdrische Tetartoëdrie.

$$a = \varepsilon_{11}(x_x - y_y) + \varepsilon_{14} y_z\,, \quad b = -\varepsilon_{14} z_x - \varepsilon_{11} x_y\,, \quad c = 0\,.$$

26) Rhomboëdrische Tetartoëdrie.

$$a = b = c = 0\,.$$

27) Ogdoëdrie.

$$a = \varepsilon_{11}(x_x - y_y) + \varepsilon_{14} y_z + \varepsilon_{15} z_x - \varepsilon_{22} x_y$$
$$b = -\varepsilon_{22}(x_x - y_y) + \varepsilon_{15} y_z + \varepsilon_{14} z_x - \varepsilon_{11} x_y$$
$$c = \varepsilon_{31}(x_x + y_y) + \varepsilon_{33} z_z\,.$$

VI. Reguläres System.

28) Holoëdrie.

$$a = b = c = 0\,.$$

29) Tetraëdrische Hemiëdrie.

$$a = \varepsilon_{14} y_z\,, \quad b = \varepsilon_{14} z_x\,, \quad c = \varepsilon_{14} x_y\,.$$

30) Plagiëdrische Hemiëdrie.

$$a = b = c = 0\,.$$

31) Pentagonale Hemiëdrie.

$$a = b = c = 0\,.$$

32) Tetartoëdrie.

$$a = \varepsilon_{14} y_z\,, \quad b = \varepsilon_{14} z_x\,, \quad c = \varepsilon_{14} x_y\,.$$

»Die Resultate treten scheinbar noch in Widerspruch mit einem Theile der von Hankel mitgetheilten Beobachtungen, da jene auch an centrisch symmetrischen Krystallen bei Erhitzung oder Abkühlung elektrische Ladungen ergaben. Ohne den Versuch einer Erklärung wagen zu wollen, kann man aber doch sicher behaupten, dass, wenn wirklich in jenen Krystallen entgegengesetzte Richtungen gleichwerthig gewesen wären, eine Polarisirung nicht hätte eintreten können. Es ist daraus zu schliessen, dass bei jenen Beobachtungen Umstände, welche den Structurverhältnissen der benutzten Krystalle fremd sind, Verschiedenheiten in dieser Hinsicht verursacht haben müssen. Ob bei der ziemlich starken Erwärmung des Inneren und der oberflächlichen Abkühlung nicht vielleicht schon die Temperaturdifferenz zu beiden Seiten der Oberflächenschicht genügt hat, um die Richtung nach aussen derjenigen nach innen ungleichwerthig zu machen, ist schwer zu entscheiden*). Jedenfalls ist aber klar, dass bei Benutzung nur der Glieder erster Ordnung, wie in dieser Theorie, jene Einflüsse keinen Ausdruck gewinnen können, und dass daher auf die Erklärung jener Beobachtungen von dem eingenommenen Standpunkte aus verzichtet werden muss.«

Da die elastischen Spannungen X_x etc. lineare Functionen der Deformationen x_x etc. sind, so lassen sich die Grössen a, b, c natürlich auch in ähnlicher Weise als Functionen der ersteren ausdrücken.

Es werden dann die Grössen a, b, c für einen allseitig gleichen Druck bestimmt; es wird bei

Familie 2) $a = -p\sum_h \varepsilon_{1h} s_h\,, \quad b = -p\sum_h \varepsilon_{2h} s_h\,, \quad c = -p\sum_h \varepsilon_{3h} s_h\,,$

4) $a = b = 0\,, \quad c = -p(\varepsilon_{31} s_1 + \varepsilon_{32} s_2 + \varepsilon_{33} s_3 + \varepsilon_{36} s_6)\,,$

*) Untersuchungen des Ref. ergaben, dass diese Erklärung mit den Beobachtungen in Widerspruch steht, vergl. diese Zeitschr. **19**, 255.

Familie 5) $a = -p(\varepsilon_{11} s_1 + \varepsilon_{12} s_2 + \varepsilon_{13} s_3 + \varepsilon_{16} s_6)$,
$b = -p(\varepsilon_{21} s_1 + \varepsilon_{22} s_2 + \varepsilon_{23} s_3 + \varepsilon_{26} s_6)$,
$c = 0$,
7) $a = b = 0, \quad c = -p(\varepsilon_{31} s_1 + \varepsilon_{32} s_2 + \varepsilon_{33} s_3)$,
10) und 13) $a = b = 0, \quad c = -p(2\varepsilon_{31} s_1 + \varepsilon_{33} s_3)$,
17), 20), 24), 27) $a = b = 0, \quad c = -p(2\varepsilon_{31} s_1 + \varepsilon_{33} s_3)$,

$s_h = s_{h1} + s_{h2} + s_{h3}$, wobei s_{hk} die betreffenden Elasticitätsmoduln ausdrücken.

Bei allen anderen Familien ist $a = b = c = 0$.

Ferner wird die elektrische Erregung eines Cylinders von beliebigem Querschnitte durch einseitige Compression und durch gleichförmige Biegung aus der allgemeinen Theorie abgeleitet, das Resultat mit Beobachtungen von J. und P. Curie am Turmalin und Quarz verglichen und bestätigt gefunden; dann in gleicher Weise die elektrische Erregung eines elliptischen Cylinders durch Drillung um seine Axe.

Sind die Momente a, b, c für jede Stelle bestimmt, so folgt aus ihnen das Potential des erregten Krystalles auf einen positiv elektrischen Einheitspunkt $x_1 y_1 z_1$ gemäss der Formel

$$V = \int \left(a \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial x} + b \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial y} + c \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial z} \right) dk ,$$

in welcher dk das Volumenelement des Krystalles und r seinen Abstand vom Punkte $x_1 y_1 z_1$ bedeutet. Dieses Potential liefert durch Differentiation nach den Coordinaten des angezogenen Punktes die Kraftcomponenten, welche derselbe erfährt und damit die Gesetze für das Bestäubungsverfahren, ebenso aber auch die elektrische Vertheilung in einem dem Krystalle genäherten Leiter.

Das Potential eines unendlich langen Kreiscylinders, dessen elektrische Momente lineare Functionen der Quercoordinaten ($\perp$ zur Längsaxe) sind (und dies ist bei gleichförmiger Biegung oder Drillung der Fall), nimmt auf jedem dem Umfangconcentrischen Kreise abwechselnd zwei grösste und zwei kleinste Werthe in gleichen Winkelabständen an.

Wenn also ein solcher Cylinder überhaupt erregt wird, so geschieht dies so, dass sich sein Umfang in vier gleiche Zonen von abwechselnd entgegengesetzter Wirkung auf äussere Punkte theilt.

Es erklären sich deshalb die Versuche Röntgen's am Quarz (vergl. das folgende Referat) auch ohne Annahme einer Ungleichwerthigkeit der drei Nebenaxen unter der Voraussetzung, dass die Cylinderaxe nicht genau mit der Hauptaxe zusammenfiel; wäre letzteres der Fall gewesen, so hätte nach vorliegender Theorie überhaupt keine elektrische Wirkung stattfinden können.

Sind a_1, a_2, a_3 die Coefficienten der thermischen linearen Dilatation parallel den Hauptaxen X, Y, Z und a_4, a_5, a_6 die Coefficienten der thermischen Aenderung der von ihnen eingeschlossenen Winkel, so folgt für die elektrischen Momente a, b, c bei einer gleichförmigen Temperaturerhöhung ϑ genau dieselbe Tabelle wie für die Momente bei gleichförmigen Druck, nur tritt ϑ an die Stelle von $-p$, a_h an Stelle von s_h. Die Bedingungen einer gleichförmigen Temperaturerhöhung können als erfüllt gelten, wenn entweder ein beliebig gestalteter Körper hinreichend lange in einer Umgebung von der betreffenden Temperatur bleibt, oder aber auch wenn eine sehr grosse Platte lange Zeit mit ihren beiden Grundflächen

an zwei Reservoire von verschiedener Temperatur grenzt. Es folgt aus der Tabelle, dass mit Ausnahme der Familien 2) und 5) nur diejenigen Krystalle bei gleichförmiger Erwärmung elektrisch erregt werden können, welche eine, und zwar nur eine, ausgezeichnete Symmetrieaxe besitzen.

»Da eine grosse Zahl von Gruppen nach ihrer Symmetrie eine elektrische Erregung durch allseitig gleichen Druck und gleichförmige Erwärmung nicht zulassen, und da alle an ihnen wahrgenommenen Ladungen somit anderen mechanischen und thermischen Einwirkungen ihren Ursprung verdanken müssen, so könnte man zu der Vermuthung kommen, dass auch bei den Gruppen, welche nach Symmetrie Erregungen der ersten Art zulassen, dieselben in Wirklichkeit in Folge specieller Werthe der piëzoelektrischen Constanten ε_{hk} nicht zu Stande kommen, die beobachteten pyroelektrischen Wirkungen z. B. also immer die Folge einer ungleichförmigen Erwärmung sind.«

»Indessen lässt sich die Unzulässigkeit dieser Annahme in einem speciellen Falle leicht nachweisen, wodurch die Vermuthung überhaupt abgethan ist. Denn bei den quadratischen und hexagonalen hierhergehörigen Krystallen sind die resp. erregten Momente parallel der Hauptaxe

$$-p(2\,\varepsilon_{31}\,s_1 + \varepsilon_{33}\,s_3), \quad \vartheta(2\,\varepsilon_{31}\,a_1 + \varepsilon_{33}\,a_3),$$

und da die s_h und a_h von einander unabhängig sind, so können diese beiden Werthe zugleich nur verschwinden, wenn $\varepsilon_{31} = \varepsilon_{33} = 0$ ist, eine Beziehung, welche mit anderen Resultaten in Widerspruch steht, da sie auch sicher beobachtete Wirkungen eines einseitigen Druckes oder einer ungleichförmigen Erwärmung nicht zulassen würde.«

Es müssen daher die Familien mit einer einzigen polaren Symmetrieaxe flach eine permanente elektrische Polarisaton und eine sie compensirende Oberäuchenschicht besitzen, die anderen Familien besitzen dies nicht nach dieser Theorie.

Die bei ungleichförmiger Erwärmung auftretende elektrische Erregung lässt sich nur dann streng durchführen, wenn nur eine gegen die gesammte Ausdehnung des Körpers verschwindend dünne Schicht eine von der im Inneren stattfindenden verschiedene Temperatur besitzt, und dass letztere nun mit der Richtung der Normalen variirt. Bezüglich der hierhergehörigen Tabelle muss auf das Original verwiesen werden.

Schleift man von einem Krystalle eine Kugel und erwärmt dieselbe oberflächlich, so ist bei den Familien 8), 11), 14), 15), 18), 21), 22), 25), 29), 32) längs einer der gegebenen concentrischen Kugel das Potential proportional der demselben Radius entsprechenden Oberflächendichte $\bar{\varepsilon}$; es fallen daher auch die Maxima und Minima, welche das Potential auf dieser Kugel annimmt, in diejenigen Richtungen, in welchen die Oberflächendichte $\bar{\varepsilon}$ ihre grössten und kleinsten Werthe besitzt. Bei allen diesen Familien liefert daher das Kundt'sche Bestäubungsverfahren direct ein richtiges Bild von der Oberflächendichte $\bar{\varepsilon}$; bei den anderen Familien ist das nicht der Fall. Die für eine oberflächliche Erwärmung oder Abkühlung einer Kugel abgeleiteten Formeln stimmen überein mit den von Röntgen (vergl. diese Zeitschr. **9**, 418) an Quarzkugeln angestellten Beobachtungen.

Ref.: J. Beckenkamp.

6. W. C. Röntgen (in Würzburg): **Elektrische Eigenschaften des Quarzes** (Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **39**, 16—24). — An einem aus rechtsdrehendem einfachem und nicht verwachsenem Quarz hergestellten kreisrunden Stäb-

chen von 9 cm Länge und 0,71 cm Dicke, dessen Axe mit der optischen Axe zusammenfiel, wurden in verschiedener Höhe die sechs Stellen fehlender Piëzoelektricität (Enden der Zwischenaxen) bestimmt (vergl. diese Zeitschr. **9**, 412). Beide Enden wurden in Messingfassungen mittels Siegellack eingekittet und gedrillt. Mit Beginn der Torsion zeigte sich auf der Mantelfläche Elektricität, welche mit Hülfe des Hankel'schen Elektrometers nachgewiesen wurde. Die Elektrisirung nimmt an Stärke zu, wenn die Torsion vermehrt wird, und bleibt constant, wenn die Torsion constant bleibt. Beim Nachlassen der Torsion entsteht sofort die entgegengesetzte Elektricität, und sie ist völlig verschwunden, sobald das Stäbchen seinen ursprünglichen Zustand wieder erlangt hat. Mit der Aenderung des Drehungssinnes ändert sich auch das Zeichen der Elektricität.

Die bei der Torsion auftretende Elektricität ist gleichartig auf allen Stellen, welche in einer mit der Cylinderaxe parallelen Geraden liegen; innerhalb eines Querschnittes tritt dagegen ein Wechsel in der Elektricitätsart ein, so oft man vier ungefähr um 90° von einander gelegene Punkte des Kreises überschreitet; diese vier Stellen entsprechen also zwei, die Hauptaxen enthaltenden Ebenen der fehlenden Torsionselektricität; die eine derselben fiel mit einer bestimmten Ebene fehlender Piëzoelektricität zusammen. Versuche des Verfs. an einem Stäbchen aus linkem Quarz zeigten dasselbe Verhalten. Setzt man voraus, dass beide Stäbchen der Hauptaxe genau parallel gingen, so folgt aus den Versuchen nicht nur eine Polarität der Hauptaxe, sondern auch eine Ungleichwerthigkeit der drei Zwischenaxen. Nimmt man aber an, dass die Längsrichtung der Stäbchen nicht genau mit der Hauptaxe zusammenfiel, so erklären sich diese Beobachtungen ohne diese Annahme aus der Voigt'schen Theorie (vergl. voriges Referat S. 123). Wurden den torsionselektrischen Feldern mit Hülfe einer Holtz'schen Maschine die entsprechenden Elektricitäten zugeführt, nachdem dieselben mit Stanniolstreifen überzogen worden, so wurde eine mechanische Torsion der Enden beobachtet; wie zu erwarten, war dieselbe entgegengesetzt derjenigen Torsion, welche die gleichen zugeführten Elektricitäten an denselben Stellen selbst erzeugt hätte.

Ref.: J. Beckenkamp.

7. E. Riecke (in Göttingen): **Ueber die Pyroëlektricität des Turmalins. 3. Abhandlung** (Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1890, Nr. 5. Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **40**, 264—306). — Würde ein Turmalinkrystall vollkommen isoliren, so würde für die elektrische Ladung während der Abkühlung die Formel gelten: $\varepsilon = E(1 - e^{-az})$ (vergl. diese Zeitschr. **13**, 577 und **15**, 312). Besitzt dagegen der Turmalin eine elektrische Leitungsfähigkeit, so gilt die vom Verf. aufgestellte Gleichung:

$$\eta = H \frac{q e^{-az} - a e^{-qz}}{q - a},$$

wobei q proportional der Leitungsfähigkeit der Oberfläche, z die Zeit, H den Maximalwerth, welchen die Ladung η erreicht, und a eine bestimmte Constante bedeuten. Aber auch diese Formel lässt sich nicht immer anwenden, da die Leitungsfähigkeit bei der Abkühlung in vielen Fällen einer fortdauernden Aenderung unterworfen ist. Durch die vorliegende Untersuchung sollte die Gültigkeit der Formel $\varepsilon = E(1 - e^{-az})$ in möglichst weitem Umfange geprüft werden und für eine grössere Anzahl von Turmalinen die Abhängigkeit der bei der Abkühlung entwickelten Elasticitätsmenge von der Differenz zwischen der Anfangs- und End-

temperatur ermittelt werden. Die Methode der Beobachtung war dieselbe, wie sie als zweite Versuchsreihe in dieser Zeitschr. **15**, 313 beschrieben ist. Der Theorie zufolge sollte a während der Abkühlung einen constanten Werth behalten; die Beobachtung ergab jedoch mehrere Gruppen von Turmalinen. Bei der ersten erwies sich a während der Abkühlung als vollkommen constant (5 Brasilianer), bei der zweiten Gruppe war a während der Abkühlung constant, so lange die Erhitzung einen bestimmten Betrag nicht überschritt; bei höherer Anfangstemperatur dagegen war der Werth von a während der ersten Minuten der Abkühlung kleiner, erhob sich dann aber zu einem constant bleibenden Betrage (sechs Krystalle von Mursinsk). Bei der dritten Gruppe steigt gleichfalls der Werth von a während der Abkühlung, aber ohne einen constanten Grenzwerth zu erreichen (drei Krystalle von Elba). Verf. glaubt, dass eine bei höherer Temperatur eintretende Leitungsfähigkeit sowohl die Verzögerungen der ersten Entladung, als auch die Veränderungen von a bedinge.

Bei der zweiten Gruppe bleibt a constant bis zu Erhitzungstemperaturen von ungefähr 140°.

Die Abhängigkeit der entwickelten Elektricitätsmenge E von der Temperatur der Erhitzung konnte dargestellt werden durch die Formel: $E = a\Theta + b\Theta^2$ bei den Turmalinen von Brasilien; bei denen von Elba dagegen durch die Formel $E = a\Theta - b\Theta^2$ und bei den schwarzen Turmalinen von Mursinsk musste die Formel $E = a\Theta + b\Theta^2 - c\Theta^3$ zu Grunde gelegt werden, wobei Θ die Differenz zwischen der Anfangs- und Endtemperatur bedeutet. Die rothen Krystalle von Mursinsk verlangten endlich die Formel $E = a\Theta - A$. Diese letzteren scheinen bei gewöhnlicher Temperatur eine erhebliche Leitungsfähigkeit zu besitzen, welche durch Erhitzung auf 30°—50° keine Veränderung erleidet, dagegen in höheren Temperaturen verschwindet und sich auch bei der Abkühlung nicht wieder herstellt.

Denkt man sich einen Turmalin, welcher beiderseits von der Basis und einem Cylindermantel parallel der c-Axe begrenzt ist, und an seinen Enden freie Elektricität durch Temperaturänderungen hervorgerufen, multiplicirt man dann die an dem einen Ende erregte freie Menge positiver Elektricität mit der Länge des Cylinders und dividirt das Product durch seine Masse, so erhält man das elektrische Moment der Masseneinheit, das specifische elektrische Moment. Verf. berechnet für eine ziemlich regelmässig verlaufende Beobachtungsreihe das bei einer Abkühlung um 100° und bei isolirender Masse und Oberfläche entwickelte elektrische Moment zu 60 Einheiten (C.G.S.). Bei einer Influenzmaschine fand Verf. die grösste Dichtigkeit der auf der rotirenden Scheibe angesammelten Elektricität nur zu sechs Einheiten. Dabei ist zu beachten, dass die wahren elektrischen Momente, welche die Masseneinheiten der Turmaline infolge der dauernden elektrischen Polarisation ihrer Moleküle besitzen, einer wesentlich höheren Grössenordnung angehören müssen.

Ref.: J. Beckenkamp.

8. F. Tegetmeier (in Freiburg i. B.): **Ueber die elektrolytische Leitung des Glases und des Bergkrystalles** (Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **41**, 18—41). — Verf. setzt die in dieser Zeitschr. **15**, 511 mitgetheilten Untersuchungen am Quarze fort, um die von J. Curie (Lum. electr. 1888, **29**, 221, 255, 318) und vom Referenten (diese Zeitschr. **15**, 511) ausgesprochene Ansicht, dass der im Bergkrystall enthaltene Elektrolyt eine wässerige Lösung sei, zu prüfen. Während Curie von der Auffassung ausging, es seien in den untersuchten Platten Röhren oder Canäle vorhanden, nahm Referent an, die Lösung

durchdringe in äusserst feiner gleichmässiger Vertheilung — »intramolekular« — die ganze Quarzmasse. In einer später erschienenen Abhandlung (Die Anomalien der Krystalle; Beilage zum dreizehnten Jahresberichte der Mittelschule zu Mülhausen i. Els. 1889), welche dem Verf. nicht vorgelegen zu haben scheint, wurde vom Ref. die Annahme der wässerigen Lösung nicht beibehalten, sondern angenommen, dass die freien Atome des Elektrolyten zwischen den eigentlichen Krystallmolekülen gelagert seien.

Genaue Analysen des Verf. ergaben bei der Lösung von etwa 30 g wasserklaren Bergkrystalles in reiner Flusssäure einen Rückstand von 6 bis 26 mg, welche der Hauptsache nach aus *Na* bestand und nur Spuren von *Li* enthielt.

Eine daraufhin vorgenommene elektrolytische Untersuchung ergab das nach der Hypothese des Ref. (vergl. diese Zeitschr. **15**, 516) zu erwartende Resultat, dass ausser *Na* (Atomgewicht = 23) auch *Li* (Atomgew. = 7) mit Leichtigkeit durch Quarz und Glas wandert, während für *K* (in Folge seines höheren Atomgewichtes (39)) der Durchgang durch den intramolekularen Raum nicht möglich ist, obwohl das Verhältniss der elektrolytischen Beweglichkeit in verdünnten Lösungen (für $K = 51$, für $Na = 33$ und für $Li = 25$ (vergl. Kohlrausch, Die gegenwärtigen Anschauungen über die Elektrolyse von Lösungen, S. 24), gerade das Gegentheil erwarten liesse.

Die Annahme, dass wässerige Lösungen die elektrolytische Leitung veranlassten, glaubt Verf. dadurch widerlegt, dass eine Gewichtsänderung der benutzten Quarze durch längeres und starkes Erhitzen nicht eintrat, und letzteres auch keinen Einfluss auf das elektrische Leitungsvermögen hat; dass keine mit wässeriger Lösung gefüllten Canäle vorhanden seien, glaubt er durch die Beobachtung bewiesen, dass Fuchsinlösung senkrecht zur Hauptaxe geschliffene Platten nicht färbt.

Bei einem 108 mg *Na* enthaltenden Glase von 1080 mg Gewicht betheiligten sich etwa 50 mg *Na* an der Elektrolyse; nähme man an, dass das Glas 1% Wasser enthalte, so müssten 10,8 mg Wasser 50 mg *Na* in Lösung enthalten, was jedoch nicht wahrscheinlich ist.

Die Beobachtung ergab, dass der elektrische Leitungswiderstand des Quarzes in der Richtung seiner Axe nicht sehr verschieden ist von dem Widerstande des gewöhnlichen Glases, obwohl nur $\frac{1}{1240}$ bis $\frac{1}{3300}$ seines Gewichtes aus leitender Substanz besteht. Bestände letztere aus glasartigen Fäden, so müsste demnach diese glasartige Substanz eine mehr als 1000mal grössere Leitungsfähigkeit besitzen als die bekannten Gläser, eine Annahme, die ebenfalls ausgeschlossen werden muss. Der Verf. schliesst demnach:

»Dass der Bergkrystall in der Richtung seiner Axe als homogener Körper leitet und dass die leitende Substanz, welche in ihm in grosser Verdünnung enthalten ist und an der Krystallstructur theilnimmt, in ihm ein viel grösseres moleculares Leitungsvermögen besitzt als im Glase.«

Auch dieser Schluss steht mit der vom Ref. (diese Zeitschr. **15**, 515 und Die Anomalien der Krystalle, S. 3) ausgesprochenen Vorstellung völlig überein.

Ref.: J. Beckenkamp.

9. E. Lommel (in München): **Die Curven gleicher Lichtstärke in den Axenbildern doppeltbrechender Krystalle** (Sitzungsber. der mathem.-phys. Cl. d. bayer. Ak. d. Wiss. 1889, **19**. — Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **39**, 258—266). — Ist bei convergentem polarisirtem Lichte A die Amplitude des einfallenden Lichtes, sind φ und ψ die Winkel der Schwingungsrichtungen des

Polarisators und Analysators, α der Winkel der in einem Punkte stattfindenden Schwingung mit einer festen Richtung des Gesichtsfeldes, und ϑ der daselbst stattfindende Gangunterschied in Wellenlängen ausgedrückt, so ist die Lichtstärke J^2 in dem betreffenden Punkte

$$J^2 = A^2[\cos^2(\varphi - \psi) - \sin 2(\alpha - \varphi) \sin 2(\alpha - \psi) \sin^2 \pi\vartheta].$$

Bei einer senkrecht zur ersten Mittellinie geschnittenen Platte ist $\vartheta = \frac{dq}{\lambda} r_1 r_2$, wenn d die Dicke der Platte, λ die Wellenlänge, q eine von den optischen Constanten des Krystalles abhängige Grösse, r_1 und r_2 die von den beiden Axenpunkten nach dem betrachteten Bildpunkte gezogenen Strahlen bedeuten.

ϑ = Const. ist die Gleichung der Isochromaten, d. h. der Curven gleicher Gangunterschiede, α = Const. die der Isogyren, d. h. der Curven gleicher Schwingungsrichtung. Im erwähnten besonderen Falle bilden jene Lemniscaten, diese Hyperbeln. Jeder Punkt des Gesichtsfeldes ist Schnittpunkt einer Lemniscate ϱ mit einer Hyperbel α; ϱ und α werden daher als lemniscatische Coordinaten aufgefasst.

Setzt man
$$a^2 = \frac{\lambda}{dq}, \quad \varrho^2 = r_1 r_2,$$
so wird

$$- \sin 2(\alpha - \varphi) \sin 2(\alpha - \psi) \sin^2 \frac{\pi}{a^2} \varrho^2 = \text{Const.}$$

die Gleichung der Curven gleicher Lichtstärke. Dazu gehören für Const. = 0 die Hauptlemniscaten $\varrho^2 = na^2$ und die beiden Haupthyperbeln $\alpha = \varphi$ und $\alpha = \psi$, auf welchen die gleiche Lichtstärke $A^2 \cos^2(\varphi - \psi)$ herrscht, d. h. dieselbe, welche ohne die Krystallplatte im ganzen Gesichtsfelde wahrgenommen würde. Durch die Hauptlemniscaten und die beiden zu ihnen senkrechten Haupthyperbeln wird das ganze Bild in rechteckige krummlinig begrenzte Felder zerschnitten. Innerhalb der Felder zwischen den beiden Haupthyperbeln ist die Lichtstärke grösser, in den anderen kleiner als $A^2 \cos^2(\varphi - \psi)$. Die Linien gleicher Lichtstärke umgeben in jedem Felde als geschlossene Curven die Maximal- und Minimalpunkte; jede derselben umschliesst nur ein Maximum oder ein Minimum, mit Ausnahme derjenigen, welche den Mittelpunkt O umschliessen; die letztere Stelle besitzt sattelförmige Gestalt.

Bei einaxigen Platten gehen die Hyperbeln über in ihre Asymptoten, ϱ und α bedeuten dann also Radiusvector und Polarwinkel eines gewöhnlichen Polarcoordinatensystemes. Nur für einaxige Platten gelten die Sätze:

Alle Curven gleicher Intensität umschliessen gleichen Flächeninhalt, und alle von Curven gleicher Lichtstärke begrenzten Flächenstücke lassen gleiche Lichtmengen durch.

Ref.: J. Beckenkamp.

10. O. Wiener (in Strassburg i. E.): **Stehende Lichtwellen und die Schwingungsrichtung polarisirten Lichtes** (Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **40**, 203—243).

P. Drude (in Göttingen): **Bemerkungen zu der Arbeit des Herrn O. Wiener: Stehende Lichtwellen und die Schwingungsrichtung polarisirten Lichtes** (Ebenda, **41**, 154—160).



Stehende Lichtwellen waren bisher dem Experimente noch nicht zugänglich gemacht. Verf. der ersteren Abhandlung erreicht dies mit Hülfe eines Häutchens von Chlorsilbercollodium von $\frac{1}{30}$ λ_{Na} Dicke auf Glas. Fällt ein paralleles einfarbiges Lichtbündel in die Nähe auf einen ebenen Spiegel, so herrscht in solchen Abständen vom Spiegel, wo der gesammte Gangunterschied der auffallenden und reflectirten Welle, d. h. der wirkliche Wegunterschied, vermehrt um den durch Reflexion bedingten scheinbaren Gangunterschied der beiden Wellen, das Vielfache einer ganzen Wellenlänge beträgt, gegenseitige grösste Verstärkung; hier liegen also Schwingungsbäuche, in der Mitte zwischen je zwei Bäuchen Schwingungsknoten. Vor einem ebenen Spiegel bilden die Bäuche und Knoten Schaaren zu diesen paralleler Ebenen. Der Abstand zweier Ebenen derselben Art beträgt $\frac{1}{2}$ Wellenlänge. Als Spiegel diente dem Verf. eine polirte Silberplatte. Jene Schaaren von Ebenen wurden dann unter spitzem Winkel von jenem Häutchen durchschnitten, so dass dieses in Abständen von etwa je 1 mm eine solche Ebene in einer Linie durchsetzte. Nach kurzer Beleuchtung mit elektrischem Lichte und nachheriger Behandlung mit der Entwicklungsflüssigkeit wurden auf dem Glase die erwarteten hellen und dunklen Streifen beobachtet. Bei Reflexion am optisch dichteren Medium befanden sich die Stellen minimaler Wirkung der stehenden Lichtwellen in Abständen gleich dem Vielfachen einer halben Wellenlänge von der reflectirenden Fläche, die Stellen maximaler Wirkung mitten dazwischen, nämlich in Abständen gleich den ungeraden Vielfachen einer Viertel-Wellenlänge.

Nimmt man an, dass die maximale Lichtwirkung der stehenden Wellen in den Schwingungsbäuchen, die minimale in den Schwingungsknoten stattfindet, so folgt, dass in der reflectirenden dichteren Fläche eine Umkehr des Schwingungssinnes erfolgt, d. i. in Uebereinstimmung mit der Fresnel'schen Theorie.

Wenn ein Bündel geradlinig polarisirter Lichtstrahlen unter einem Einfallswinkel von 45° auf einen ebenen Spiegel fällt, so sind die Schwingungen des einfallenden und reflectirten Lichtes parallel, wenn die Schwingungen senkrecht zur Einfallsebene sind, dagegen senkrecht zu einander, wenn dieselben in der Einfallsebene liegen; jene können also interferiren, diese nicht. Verf. liess die durch einen Kalkspath zerlegten Strahlen derartig unter 45° auf jenes Häutchen fallen, dass der eine in der Einfallsebene, der andere senkrecht dazu polarisirt war, und dass beide Spectren unmittelbar übereinander lagen. Dasjenige Spectrum, für welches die Polarisationsebene zur Einfallsebene parallel stand, war nachher von scharfen Interferenzstreifen durchzogen, das andere nicht; d. h. die chemisch wirksamen Schwingungen einer geradlinig polarisirten Lichtwelle stehen auf der Polarisationsebene senkrecht. Nach den Untersuchungen von Hertz liegen die Schwingungsknoten der stehenden Wellen der elektrischen Kräfte zu der reflectirten Fläche ebenso wie die Minima der chemischen Wirkung. Verf. schliesst daraus: die chemisch wirksamen Schwingungen und die Schwingungen der elektrischen Kräfte sind gleich gerichtet, d. h. die chemische Wirkung der Lichtwelle ist an das Vorhandensein der elektrischen, nicht der magnetischen Kräfte gebunden.

Verf. der zweiten cit. Abhandlung zieht die von Wiener aus seinen Beobachtungen gezogenen Folgerungen in Frage, da es nicht entschieden sei, ob das Maximum der chemischen Wirkung mit dem Maximum der Bewegung in den Schwingungsbäuchen, oder mit dem Maximum des Druckes in den Knoten zusammenfalle.

Ref.: J. Beckenkamp.

11. P. Drude (in Göttingen): **Das Verhalten der Absorptionscoëfficienten von Krystallen** (Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **40**, 665—680). — Entsprechend der Voigt'schen Theorie wird angenommen, dass sowohl die die Energie erhaltenden, als die absorbirenden Kräfte sich um zwei Systeme je dreier zu einander rechtwinkligen Symmetrieaxen ordnen, wobei die beiden Systeme, das der optischen Elasticitätsaxen s_1, s_2, s_3 und das der Absorptionsaxen s_1', s_2', s_3' im Allgemeinen beliebig zu einander liegen können.

Wird die Lage der erwähnten sechs Axen gegen das Coordinatensystem $x\,y\,z$ durch das Schema der Richtungscosinus

$$\begin{array}{cccc} & s_1 & s_2 & s_3 \\ x & p_1 & p_2 & p_3 \\ y & q_1 & q_2 & q_3 \\ z & r_1 & r_2 & r_3 \end{array} \qquad \begin{array}{cccc} & s_1' & s_2' & s_3' \\ x & p_1' & p_2' & p_3' \\ y & q_1' & q_2' & q_3' \\ z & r_1' & r_2' & r_3' \end{array}$$

bestimmt, so sind zwölf Grössen a_{hk} und a_{hk}' durch folgende Gleichungen gegeben:

$$\begin{array}{ll} a_{11} = a p_1^2 + b p_2^2 + c p_3^2 & a_{11}' = a' p_1'^2 + b' p_2'^2 + c' p_3'^2 \\ a_{22} = a q_1^2 + b q_2^2 + c q_3^2 & a_{22}' = a' q_1'^2 + b' q_2'^2 + c' q_3'^2 \\ a_{33} = a r_1^2 + b r_2^2 + c r_3^2 & a_{33}' = a' r_1'^2 + b' r_2'^2 + c' r_3'^2 \\ a_{23} = a q_1 r_1 + b q_2 r_2 + c q_3 r_3 & a_{23}' = a' q_1' r_1' + b' q_2' r_2' + c' q_3' r_3' \\ a_{31} = a r_1 p_1 + b r_2 p_2 + c r_3 p_3 & a_{31}' = a' r_1' p_1' + b' r_2' p_2' + c' r_3' p_3' \\ a_{12} = a p_1 q_1 + b p_2 q_2 + c p_3 q_3 & a_{12}' = a' p_1' q_1' + b' p_2' q_2' + c' p_3' q_3', \end{array}$$

wo a, b, c, a', b', c' sechs Constanten des Krystalles sind.

Sind μ, ν, π die Richtungscosinus einer Plattennormale und fällt senkrecht auf letztere ein Lichtstrahl, so sind die Verrückungen u, v, w der Aethertheilchen gegeben durch:

$$u = e^{-\frac{\varkappa\varrho}{\omega\tau}}\left[M \cos\frac{1}{\tau}\left(t - \frac{\varrho}{\omega}\right) + M' \sin\frac{1}{\tau}\left(t - \frac{\varrho}{\omega}\right)\right],$$

$$v = e^{-\frac{\varkappa\varrho}{\omega\tau}}\left[N \cos\frac{1}{\tau}\left(t - \frac{\varrho}{\omega}\right) + N' \sin\frac{1}{\tau}\left(t - \frac{\varrho}{\omega}\right)\right],$$

$$w = e^{-\frac{\varkappa\varrho}{\omega\tau}}\left[P \cos\frac{1}{\tau}\left(t - \frac{\varrho}{\omega}\right) + P' \sin\frac{1}{\tau}\left(t - \frac{\varrho}{\omega}\right)\right],$$

wo $\varrho = \mu x + \nu y + \pi z$, $2\pi\tau = T$ (T = Schwingungsdauer), ω die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und $\frac{\varkappa}{\omega}$ die Absorptionscoëfficienten bedeuten.

Setzt man $\frac{\omega}{1 - i\varkappa} = \Omega$, wobei $i^2 = -1$ und $\alpha_{hk} = a_{hk} + i a_{hk}'$, so drückt die complexe Gleichung:

$$\begin{aligned} \Omega^4 &- \Omega^2[\mu^2(\alpha_{22} + \alpha_{33}) + \nu^2(\alpha_{33} + \alpha_{11}) \\ &+ \pi^2(\alpha_{11} + \alpha_{22}) - 2\nu\pi\alpha_{23} - 2\pi\mu\alpha_{31} - 2\mu\nu\alpha_{12}] \\ &+ \mu^2(\alpha_{22}\alpha_{33} - \alpha_{23}^2) + \nu^2(\alpha_{33}\alpha_{11} - \alpha_{31}^2) + \pi^2(\alpha_{11}\alpha_{22} - \alpha_{12}^2) \\ &+ 2\nu\pi(\alpha_{21}\alpha_{31} - \alpha_{23}\alpha_{11}) + 2\pi\mu(\alpha_{32}\alpha_{12} - \alpha_{31}\alpha_{22}) \\ &+ 2\mu\nu(\alpha_{13}\alpha_{23} - \alpha_{12}\alpha_{33}) = 0 \end{aligned}$$

die Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit ω und des Absorptionscoëfficienten $\frac{\varkappa}{\omega}$ von der Richtung der Wellennormalen (= Plattennormalen) $\mu\,\nu\,\pi$ aus.

Setzt man $n = \frac{1}{\omega}$, so lassen sich die Werthe n und $n\varkappa$ bei einaxigen Krystallen, sowie bei rhombischen Krystallen, falls die Wellennormale in eine Symmetrieebene fällt, auch durch Construction ermitteln.

Für einaxige Krystalle wird $\alpha_{11} = \alpha_{22}$, $\alpha_{23} = \alpha_{31} = \alpha_{12} = 0$, und die Gleichung geht über in $(\Omega^2 - \alpha_{11})(\Omega^2 - (\mu^2 + \nu^2)\alpha_{33} - \pi^2\alpha_{11}) = 0$, wenn man die z-Axe mit der optischen Axe zusammenfallen lässt. Wenn man die x-Axe mit der s_1-Axe, die y-Axe mit der s_2-Axe, die z-Axe mit der s_3-Axe zusammenfallen lässt, so reducirt sie sich für rhombische Krystalle auf

$$\frac{\mu^2}{\Omega^2 - \alpha_{11}} + \frac{\nu^2}{\Omega^2 - \alpha_{22}} + \frac{\pi^2}{\Omega^2 - \alpha_{33}} = 0\,,$$

wobei $\alpha_{11} = a + ia'$, $\alpha_{22} = b + ib'$, $\alpha_{33} = c + ic'$, $\alpha_{23} = \alpha_{31} = \alpha_{12} = 0$.

Nennt man die Absorptionscoëfficienten, welche den Werthen $\Omega^2 = \alpha_{11}$, $\Omega^2 = \alpha_{22}$, $\Omega^2 = \alpha_{33}$ entsprechen, $(n\varkappa)_1$, $(n\varkappa)_2$, $(n\varkappa)_3$, so besitzt in jeder Symmetrieebene der Absorptionscoëfficient der einen Welle constant einen dieser drei Werthe, der der anderen Welle schwankt zwischen den beiden anderen Werthen. In derjenigen Symmetrieebene, in welcher der Absorptionscoëfficient der Welle constanter Absorption der mittlere ist, müssen also zwei »Axen gleicher Absorption« liegen, welche zu einander so liegen, dass für sie einer der drei Werthe $\mu\,\nu\,\pi$ das eine Mal das entgegengesetzte Zeichen hat.

Sind Δ_1, Δ_2, Δ_3 die drei Wurzeln der Gleichung

$$\begin{vmatrix} \alpha_{11} - \Delta, & \alpha_{12}, & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} - \Delta, & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} - \Delta \end{vmatrix} = 0, \text{ und setzt man:}$$

$\mu_0 = \mu\varepsilon_1 + \nu\eta_1 + \pi\zeta_1$, $\nu_0 = \mu\varepsilon_2 + \nu\eta_2 + \pi\zeta_2$, $\pi_0 = \mu\varepsilon_3 + \nu\eta_3 + \pi\zeta_3$, wobei ε, η, ξ definirt sind durch die Gleichungen:

$$\begin{aligned} &\varepsilon_h(\alpha_{11} - \Delta_h) + \eta_h\alpha_{12} + \zeta_h\alpha_{13} = 0\,, \\ &\varepsilon_h\,\alpha_{21} + \eta_h(\alpha_{22} - \Delta_h) + \zeta_h\alpha_{23} = 0\,, \\ &\varepsilon_h\,\alpha_{31} + \eta_h\alpha_{32} + \zeta_h(\alpha_{33} - \Delta_h) = 0\,, \\ &\varepsilon_h^2 + \eta_h^2 + \zeta_h^2 = 1\,, \quad h = 1,\,2,\,3, \end{aligned}$$

so lassen sich auch für asymmetrische Krystalle die Gleichungen auf die einfachere Form

$$\frac{\mu_0^2}{\Delta_1 - \Omega^2} + \frac{\nu_0^2}{\Delta_2 - \Omega^2} + \frac{\pi_0^2}{\Delta_3 - \Omega^2} = 0 \text{ bringen.}$$

Legt man die Coordinatenaxen in die Richtung der s_1, s_2, s_3, so wird

$$\begin{aligned} &\alpha_{11} = a_{11} + ia_{11}' = a + ia_{11}', \quad \alpha_{22} = a_{22} + ia_{22}' = b + ia_{22}', \\ &\alpha_{33} = a_{33} + ia_{33}' = c + ia_{33}', \ \alpha_{23} = ia_{23}', \ \alpha_{31} = ia_{31}', \ \alpha_{12} = ia_{12}'. \end{aligned}$$

Macht man die Voraussetzung, dass a', b', c' neben a, b, c klein sei, so giebt es nur zwei, und auch stets zwei Axen gleicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit, d. h. optische Axen.

In einer der Coordinatenebenen liegen auch stets Axen gleicher Absorption, aber zu jeder Axe gleicher Absorption giebt es unendlich viele benachbarte, die sich continuirlich an einander anschliessen. Wenn man $n\varkappa$ geometrisch durch eine der Wellenfläche analoge Absorptionsfläche darstellt, so erhält man eine Fläche mit zwei Schalen; sie unterscheidet sich aber dadurch von der Wellenfläche, dass die beiden Schalen längs gewissen die Coordinatenaxen durchschneidenden Curvenstücken zusammenhängen.

Für die Coordinatenebene $\mu = 0$ ist die constante Absorption $n_1\varkappa_1 = \frac{a_{11}}{a^{\frac{3}{2}}}$, die andere ist:

$$n_2\varkappa_2 = \frac{\nu^2 a_{33}' + \pi^2 a_{22}' - 2\nu\pi a_{23}'}{(\nu^2 c + \pi^2 b)^{\frac{3}{2}}}.$$

Liegt nun $\frac{a_{11}}{a^{\frac{3}{2}}}$ zwischen $\frac{a_{22}'}{b^{\frac{3}{2}}}$ und $\frac{a_{33}'}{c^{\frac{3}{2}}}$, so existiren in der Ebene $\mu = 0$ zwei Axen gleicher Absorption, welche in verschiedenen Quadranten der yz-Ebene liegen; ist aber $\frac{a_{11}'}{a^{\frac{3}{2}}}$ der grösste oder der kleinste der drei Werthe, so können in der genannten Ebene zwei Axen gleicher Absorption vorkommen, welche im Gegensatze zum vorigen Falle in demselben Quadranten liegen, es ist aber auch möglich, dass in diesem letzteren Falle keine Axen gleicher Absorption existiren.

Die Richtung des Maximums und des Minimums der Absorption liegen schief zu einander.

Die Beobachtungen Ramsay's am Epidot (diese Zeitschr. **18**, **97**) stehen mit dieser Theorie in Einklang.

Ref.: J. Beckenkamp.

12. Fr. Pockels (in Göttingen): **Ueber die Interferenzerscheinungen, welche Zwillingsplatten optisch einaxiger Krystalle im convergenten homogenen polarisirten Lichte zeigen** (Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1890, 259—278). — Es werden diejenigen Interferenzerscheinungen berechnet und discutirt, welche man in einem Polarisationsapparate bei Anwendung von convergentem homogenem Lichte an einer Combination von zwei planparallelen, aus einem einaxigen Krystalle unter gleicher Neigung gegen die optische Axe geschnittenen Platten beobachtet, welche so über einander gelegt sind, dass ihre Hauptschnitte zusammenfallen, die optischen Axen aber in entgegengesetztem Sinne gegen die gemeinsame Plattennormale geneigt sind.

Van der Willigen hat zuerst 1874 gezeigt, dass die im vorliegenden Falle zu beobachtende Interferenzerscheinung aus einer Ueberlagerung von vier Curvensystemen bestehe, nämlich der beiden Curven gleichen Gangunterschiedes in je einer der beiden combinirten Platten und der beiden Curven, in welchen die Summe und die Differenz dieser Gangunterschiede constant ist.

Eine eingehende Untersuchung der Curven, auf welchen die Summe der Gangunterschiede constant ist, hat Bertin vorgenommen (diese Zeitschr. **11**, 613), aber nicht berechnet, wie sich die vier Curvensysteme scheinbar überlagern. Die Erscheinungen sind von Liebisch photographirt und auf Tafel 7 und 8 seiner physikalischen Krystallographie wiedergegeben.

Sind Ω der Winkel, welchen die beiden Plattennormalen mit der optischen Axe bilden, ψ_1 und ψ_2 die von der Axenebene aus gerechneten Schwingungsazimuthe der ordinären Welle eines Strahles in den beiden Platten, A^2 die Intensität des angewendeten Lichtes, Δ_1 und Δ_2 die relativen Verzögerungen der ordinären Welle gegen die extraordinäre in der ersten und zweiten Platte, so wird die Intensität des austretenden Strahles bei gekreuzten Nicols:

$$J = A^2 \left\{ a_1 \sin^2 \frac{\Delta^1}{2} + a_2 \sin^2 \frac{\Delta_2}{2} + b_1 \sin^2 \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} + b_2 \sin^2 \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2} \right\}.$$

Beträgt der Winkel, welchen der Hauptschnitt der betrachteten Doppelplatte mit dem Hauptschnitte der Nicols bildet, 0^0 oder 90^0 (Normalstellung), so wird:

$$\begin{aligned} a_1 &= \sin 2\psi_1 \cos 2\psi_2 \sin 2(\psi_1 - \psi_2), \\ a_2 &= \sin 2\psi_2 \cos 2\psi_1 \sin 2(\psi_2 - \psi_1), \\ b_1 &= \sin 2\psi_1 \sin 2\psi_2 \cos^2(\psi_2 - \psi_1), \\ b_2 &= -\sin 2\psi_1 \sin 2\psi_2 \sin^2(\psi_2 - \psi_1). \end{aligned}$$

Beträgt dagegen jener Winkel $\pm 45^0$ (Diagonalstellung), so wird:

$$\begin{aligned} a_1 &= \sin 2\psi_2 \cos 2\psi_1 \sin 2(\psi_2 - \psi_1), \\ a_2 &= \sin 2\psi_1 \cos 2\psi_2 \sin 2(\psi_1 - \psi_2), \\ b_1 &= \cos 2\psi_1 \cos 2\psi_2 \cos^2(\psi_2 - \psi_1), \\ b_2 &= -\cos 2\psi_1 \cos 2\psi_2 \sin^2(\psi_2 - \psi_1). \end{aligned}$$

Die durch obige Gleichung ausgedrückte Erscheinung kann also, wie erwähnt, als Superposition von vier Curvensystemen

$$a_1 \sin^2 \frac{\Delta_1}{2}, \quad a_2 \sin^2 \frac{\Delta_2}{2}, \quad b_1 \sin^2 \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}, \quad b_2 \sin^2 \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2}$$

betrachtet werden. Es existiren keine ganz dunklen Curven, sondern nur dunkle Punkte in den Schnittpunkten der beiden primären Curven 1) $\sin \frac{\Delta_1}{2} = 0$ und 2) $\sin \frac{\Delta_2}{2} = 0$. Diese primären Curven für sich sind Schaaren von Ellipsen, wenn $\Omega < 54\frac{3}{4}^0$, Hyperbeln, wenn $\Omega > 54\frac{3}{4}^0$. Der Mittelpunkt liegt nicht im Centrum des Gesichtsfeldes.

Die secundären Curven 3) $\sin \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} =$ Const. und 4) $\sin \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2} =$ Const. unterscheiden sich von den primären nur durch die Lage des Mittelpunktes auf der x-Axe (Schnittlinie der Axenebene mit der Plattenoberfläche). Wird die Dicke der beiden Platten gleich, so fällt er bei der Curve 3) in die Mitte des Gesichtsfeldes, bei der Curve 4) in's Unendliche.

An gewissen Stellen verschwinden drei der Grössen a_1, a_2, b_1, b_2 und es erscheint dann das andere Curvensystem für sich.

I. Bei der Normalstellung

1) verschwinden alle vier Grössen a_1, a_2, b_1, b_2, wenn $\psi_1 = 0$ oder 180^0; durch den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes geht deshalb ein der Axenebene paralleler Balken;

2) für $\psi_2 = \pm 90^0$ ist nur $a_1{}^0$, für $\psi_1 = \pm 90^0$ nur $a_2{}^0$ von Null verschieden; deshalb ist auf den zur Axenebene senkrechten Linien, welche durch

den Austrittspunkt der Axen der beiden Platten gehen, nur das eine primäre Curvensystem sichtbar;

3) für $\psi_2 - \psi_1 = \pm 90^0$ ist nur $b_2{}^0$ von Null verschieden, auf demjenigen Kreise, welcher durch die Axenpunkte geht und deren Verbindungslinie zum Durchmesser hat, ist deshalb das System 4 allein vorhanden.

II. Bei der Diagonalstellung.

1) In der Axenebene, wo $\psi_1 = 0$, ist nur b_1' von Null verschieden, und es erscheint deshalb hier nur das System 3.

2) Für $\psi_1 = \pm 45^0$ oder $\pm 135^0$ ist nur a_2', für $\psi_2 = \pm 45^0$ oder $\pm 135^0$ nur a_1' von Null verschieden; d. h. auf den unter I. 2) erwähnten Stellen erscheint auch jetzt nur eines der beiden primären Systeme.

3) Für $\psi_2 - \psi_1 = \pm 90^0$ bleibt nur b_2' übrig, d. h. auf dem unter I. 3) erwähnten Kreise ist auch jetzt nur die Curve 4 sichtbar.

Ref.: J. Beckenkamp.

18. Fr. Pockels (in Göttingen): **Ueber die durch einseitigen Druck hervorgerufene Doppelbrechung regulärer Krystalle, speciell am Steinsalz und Sylvin** (Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **39**, 440—469). — Die Zahl der Constanten, von welchen die durch elastische Deformationen bewirkten Aenderungen der Lichtgeschwindigkeit abhängen (vergl. diese Zeitschr. **19**, 508), ist für reguläre Krystalle nur noch drei. Die Gleichung des Fresnel'schen Ovaloids im deformirten regulären Krystalle bezogen auf drei den Würfelnormalen parallele Coordinatenaxen x^0, y^0, z^0 sei

$$\varrho^2 = B_{11}\mu^{0^2} + B_{22}\nu^{0^2} + B_{33}\pi^{0^2} + 2B_{23}\nu^0\pi^0 + 2B_{31}\pi^0\mu^0 + 2B_{12}\mu^0\nu^0,$$

wenn ϱ den Radiusvector und $\mu^0\nu^0\pi^0$ dessen Richtungscosinus bezeichnen.

Seien ω^0 die Lichtgeschwindigkeit im undeformirten Krystalle, x_x etc. die Deformationsgrössen und $\varDelta = x_x + y_y + z_z$, so sind die Grössen B gegeben durch:

$$\begin{aligned}
B_{11} - \omega^{0^2} &= (a_{11} - a_{12})x_x + a_{12}\varDelta, \\
B_{22} - \omega^{0^2} &= (a_{11} - a_{12})y_y + a_{12}\varDelta, \\
B_{33} - \omega^{0^2} &= (a_{11} - a_{12})z_z + a_{12}\varDelta, \\
B_{23} = a_{44}y_z, \quad B_{31} &= a_{44}z_x, \quad B_{12} = a_{44}x_y,
\end{aligned}$$

a_{11}, a_{12}, a_{44} sind die genannten drei optischen Constanten.

Bezeichnet man die Druckkräfte mit X_x etc., so sind:

$$\begin{aligned}
-x_x &= (s_{11} - s_{12})X_x + s_{12}(X_x + Y_y + Z_z), \\
-y_y &= (s_{11} - s_{12})Y_y + s_{12}(X_x + Y_y + Z_z), \\
-z_z &= (s_{11} - s_{12})Z_z + s_{12}(X_x + Y_y + Z_z), \\
-y_z = s_{44}Y_z, \quad -z_x &= s_{44}Z_x, \quad -x_y = s_{44}X_y,
\end{aligned}$$

s_{hk} sind die (vergl. diese Zeitschr. **15**, 302) Elasticitätsmoduln.

Will man nur die Doppelbrechung, nicht auch die absoluten Aenderungen der Lichtgeschwindigkeit bestimmen, so hängen die Erscheinungen nur von den Producten $a = (a_{11} - a_{12})(s_{11} - s_{12})$ und $b = a_{44}s_{44}$ ab; für amorphe Körper wird $s_{44} = 2(s_{11} - s_{12})$, $a_{44} = \frac{1}{2}(a_{11} - a_{12})$, also $a = b$.

Die Lage der optischen Symmetrieaxen und die Grösse des optischen Axenwinkels ist bei regulären Krystallen unabhängig von der absoluten Grösse des ausgeübten Druckes.

Es wird der Einfachheit halber die Druckrichtung auf eine Würfelfläche und auf eine Rhombendodekaëderfläche beschränkt. Die im ersten Oktanten des $X^0Y^0Z^0$-Coordinatensystemes liegende Oktaëdernormale wird mit O, die im ersten Quadranten der X^0Y^0-Ebene liegende Dodekaëdernormale mit D bezeichnet, und die Lage der optischen Axen A_1, A_2 bestimmt, wenn die Druckrichtung P sich bewegt

1) in der X^0Y^0-Ebene zwischen X^0 und D,
2) - - Z^0D- - - Z^0 - O,
3) - - Z^0D- - - O - D.

1) Die im ersten Quadranten der X_0Y_0-Ebene liegende Druckrichtung P bilde mit X^0 den Winkel φ, der Winkel X^0X (wenn XYZ die Hauptaxen des Ovaloids sind) sei gleich ψ; es ist dann $\operatorname{tg} 2\psi = \frac{b}{a} \operatorname{tg} 2\varphi$.

2) und 3) Der Winkel Z^0P sei χ; diejenige Axe des Ovaloids, welche in der Ebene Z^0D liegt, werde mit Z bezeichnet, und der Winkel Z^0Z sei ϑ; dann ist $\operatorname{tg} 2\vartheta = \frac{4b \sin 2\chi}{a - b + (3a + b)\cos 2\chi}$, die zu der Ebene Z^0ODP senkrechte Ovaloidaxe sei die X-Axe.

I. Sei $\frac{b}{a} > +1$.

Ein Krystall dieser Art ist bis jetzt nicht bekannt.

1) Liegt P in der X^0Y^0-Ebene, so liegt die Ebene der optischen Axe in der X^0Y^0-Ebene; X ist die erste Mittellinie, der Winkel Ω zwischen der ersten Mittellinie und der optischen Axe ist bestimmt durch

$$\sin^2 \Omega = \frac{\sqrt{a^2 \cos^2 2\varphi + b^2 \sin^2 2\varphi} - a}{2\sqrt{a^2 \cos^2 2\varphi + b^2 \sin^2 2\varphi}} = \frac{\cos 2\varphi - \cos 2\psi}{2 \cos 2\varphi}.$$

Das Maximum von $\sin^2 \Omega$ tritt ein für $\varphi = 45^0$ und ist gleich $\frac{b-a}{2b}$.

2) Für $0 < \chi < 54^0 44'$ liegen die optischen Axen in der Symmetrieebene; es wird die Z-Axe die erste Mittellinie und

$$\sin^2 \Omega = \frac{\sin \vartheta \sin(\vartheta - \chi)}{\cos \chi}.$$

3) Für $54^0 44' < \chi < 90^0$ steht die Axenebene senkrecht zur Symmetrieebene; erste Mittellinie ist die Z-Axe.

$$\sin^2 \Omega = \operatorname{tg} \vartheta \operatorname{tg}(\chi - \vartheta).$$

II. Sei $0 < \frac{b}{a} < +1$.

Beispiel: Steinsalz $\frac{b}{a} = +0{,}704$.

1) Liegt P in der X^0Y^0-Ebene, so ist die optische Axenebene senkrecht zur Ebene X^0Y^0, X ist die erste Mittellinie.

$$\sin^2 \Omega = \frac{a - \sqrt{a^2 \cos^2 2\varphi + b^2 \sin^2 2\varphi}}{a + \sqrt{a^2 \cos^2 2\varphi + b^2 \sin^2 2\varphi}} = \operatorname{tg}(\varphi + \psi) \operatorname{tg}(\varphi - \psi).$$

Das Maximum $\sin^2 \Omega = \frac{a - b}{a + b}$ tritt ein für $\varphi = 45^0$.

2) $0 < \chi < 54^0\,44'$.

Optische Axenebene senkrecht zur Ebene ZD, Z erste Mittellinie,

$$\sin^2 \Omega = \operatorname{tg} \vartheta \operatorname{tg}(\chi - \vartheta).$$

3) $54^0\,44' < \chi < 90^0$.

Axenebene Z^0D, $\sin^2 \Omega = \frac{\sin \vartheta \sin(\vartheta - \chi)}{\cos \chi}$.

III. Sei $-1 < \frac{b}{a} < 0$.

Beispiel: Flussspath $\frac{b}{a} = -0,482$.

1) Für P innerhalb der X^0Y^0-Ebene ist Axenebene senkrecht zur X^0Y^0-Ebene,

$$\sin^2 \Omega = \operatorname{tg}(\varphi + \psi) \operatorname{tg}(\varphi - \psi).$$

Fällt P mit D zusammen, so wird X erste Mittellinie,

$$\sin^2 \Omega = \frac{a + b}{a - b}, \text{ Axenebene zur Druckrichtung.}$$

2) $0 < \chi < 54^0\,44'$.

Axenebene in der Symmetrieebene,

$$\sin^2 \Omega = \frac{\sin \vartheta \sin(\vartheta - \chi)}{\cos \chi}.$$

3) $54^0\,44' < \chi < 90^0$.

Axenebene senkrecht zur Ebene Z^0D, Z erste Mittellinie,

$$\sin^2 \Omega = \operatorname{tg} \vartheta \operatorname{tg}(\chi - \vartheta).$$

IV. Sei $\frac{b}{a} < -1$.

Beispiel: Sylvin $\frac{b}{a} = -2,525$.

1) Für P innerhalb der X^0Y^0-Ebene ist Axenebene X^0Y^0,

$$\sin^2 \Omega = \frac{\cos 2\varphi - \cos 2\psi}{2 \cos 2\varphi}.$$

Das Maximum für Ω tritt ein für $\varphi = 45^0$; dann ist $\sin^2 \Omega = \frac{b + a}{2b}$.

2) $0 < \chi < 54^0\,44'$.

Axenebene parallel Z^0D, Z erste Mittellinie,

$$\sin^2 \Omega = \frac{\sin \vartheta \sin(\vartheta - \chi)}{\cos \chi}.$$

3) $54^0\,44' < \chi < 90^0$.

Axenebene senkrecht zu $Z^0 D$, Z erste Mittellinie,

$$\sin^2 \Omega = \operatorname{tg} \vartheta \operatorname{tg}(\chi - \vartheta).$$

Zur Prüfung der Theorie und zur Ermittelung der Constanten wurden Stäbchen von Sylvin und Steinsalz geschnitten, aus Compensatorbeobachtungen die relativen Verzögerungen und nach der auf der Verschiebung von Beugungsstreifen beruhenden Methode die absoluten Verzögerungen gemessen, und daraus die Constanten berechnet.

Für Steinsalz wurde gefunden $a_{11} = 0,137\, v^2$,
$a_{12} = 0,178\, v^2$,
$a_{44} = 0,0108\, v^2$,

wo v die Lichtgeschwindigkeit in Luft bezeichnet.

Die Aenderung der Lichtgeschwindigkeit in Steinsalz bei allseitigem Drucke ist $\frac{1}{v^2} \frac{a_{11} + 2a_{12}}{3} \Delta = 0,164\, \Delta$, wenn Δ die cubische Dilatation bedeutet. Eine gleichförmige Compression bewirkt also eine Abnahme der Lichtgeschwindigkeit wie beim Quarz, Flussspath und Glas.

Für Sylvin wurde gefunden $a_{11} - a_{12} = 0,0595\, v^2$
$a_{44} = -0,0276\, v^2$,
- Flussspath - - $a_{11} - a_{12} = -0,172\, v^2$
$a_{44} = 0,0236\, v^2$.

Ref.: J. Beckenkamp.

14. Fr. Pockels (in Göttingen): **Ueber die Aenderungen des optischen Verhaltens und die elastischen Deformationen dielektrischer Krystalle im elektrischen Felde** (N. Jahrb. f. Min., Geol. etc. 1890, Beil.-Bd. **7**, 201—231). — Es wird vorausgesetzt, dass ein Krystall auch nach der elektrischen Deformation ein Fresnel'sches Ovaloid besitze von der Form

$$\varrho^2 = B_{11}\mu^{0^2} + B_{22}\nu^{0^2} + B_{33}\pi^{0^2} + 2B_{23}\nu^0\pi^0 + 2B_{31}\pi^0\mu^0 + B_{12}\mu^0\nu^0.$$

μ^0, ν^0, π^0 sind die Richtungscosinus des Radiusvector ϱ in Bezug auf das ursprüngliche Coordinatensystem X^0, Y^0, Z^0.

Die Bestimmungsstücke B_{11} etc. werden als lineare Functionen der elektrischen Momente a, b, c gesetzt.

$$\begin{aligned}
B_{11} - \omega_x{}^{0^2} &= e_{11}a + e_{12}b + e_{13}c & B_{23} &= e_{41}a + e_{42}b + e_{43}c,\\
B_{22} - \omega_y{}^{0^2} &= e_{21}a + e_{22}b + e_{23}c & B_{31} &= e_{51}a + e_{52}b + e_{53}c,\\
B_{33} - \omega_z{}^{0^2} &= e_{31}a + e_{32}b + e_{33}c & B_{12} &= e_{61}a + e_{62}b + e_{63}c,
\end{aligned}$$

wobei $\omega_x{}^0$, $\omega_y{}^0$, $\omega_z{}^0$ die ursprünglichen Hauptlichtgeschwindigkeiten des Krystalles bezeichnen.

Will man auch auf das Kerr'sche Phänomen, d. h. die Doppelbrechung Rücksicht nehmen, welche am Glase und verschiedenen gut isolirenden Flüssigkeiten im elektrischen Felde beobachtet worden ist, und wobei sich die Einwirkung der elektrostatischen Kräfte auf das optische Verhalten nicht mit der Richtung der Kraftlinien umkehrt, dann müssen noch in a, b, c quadratische Glieder rechts hinzugefügt werden.

Es werden vom Verf. diejenigen Relationen zwischen den Constanten e_{mn}

bestimmt, welche für die 32 Familien aus den Symmetrieverhältnissen sich ergeben. Bezüglich dieser Tabelle möge auf das Original verwiesen werden.

Es ergiebt sich, dass ausser der plagiëdrischen Hemiëdrie des regulären Systemes alle Familien ohne Centrum der Symmetrie, also nicht nur diejenigen mit polaren Axen, Aenderungen der Doppelbrechung im elektrischen Felde erleiden.

Speciell für die Familie, welcher der Quarz angehört, folgt, dass ein Moment c, also ein elektrisches Feld, dessen Kraftlinien der Hauptaxe des Krystalles parallel sind, keinerlei Wirkung auf die Wellenfläche des Quarzes ausübt. Stehen die Kraftlinien senkrecht zur optischen Axe, so erleiden die zu untersuchenden optischen Erscheinungen beim Quarz eine Complication durch die Circularpolarisation. Die Theorie stimmt überein mit den von Kundt und Röntgen mitgetheilten Beobachtungen (vergl. diese Zeitschr. **9**, 415—418).

Ob die optischen Aenderungen im elektrostatischen Felde nur eine indirecte, d. h. durch die Deformation verursachte Wirkung der elektrostatischen Kräfte sind, oder ob eine directe Einwirkung derselben auf die Lichtbewegung stattfindet, lässt sich erst dann entscheiden, wenn quantitative Messungen der Constanten vorliegen.

Ref.: J. Beckenkamp.

15. **J. Martin** (in Oldenburg): **Beiträge zur Kenntniss der optischen Anomalien einaxiger Krystalle** (Inaugural-Dissertation der Universität Göttingen 1890. — N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. Beil.-Bd. **7**, 1—54). — 1) p-Brombenzylcyanid, $C_6H_4BrCH_2CN$, bildet 3½ mm grosse tetragonale, pyramidale oder nach der Basis tafelförmige Krystalle, welche nach (001) sehr vollkommen spalten und einen lockeren Kern oder auch einen Hohlraum mit Resten von Mutterlauge einschliessen. $a : c = 1 : 1,488$. Die Winkel schwanken bis zu 25′. Doppelbrechung negativ. Im parallelen polarisirten Lichte ist bei gekreuzten Nicols stets ein der Kante (001):(111) parallel gestelltes Mittelfeld vorhanden, von dessen Ecken nach den Ecken der Platte dunkle Linien verlaufen, während alle übrigen Theile des Spaltungsstückes mehr oder weniger stark aufgehellt erscheinen. Nur wenn die Seiten der Platten 45° mit den Nicolhauptschnitten bilden, erscheint die Platte gleichmässig dunkel. Bei convergentem Lichte bilden die Ebenen der optischen Axen mit den Kanten (001):(111) stets einen Winkel von 45° und stehen in zwei gegenüberliegenden Seitenfeldern zu einander senkrecht.

Das Mittelfeld besitzt stets Farben von höherer Ordnung als die Seitenfelder. Schon ein gelinder Druck in der Richtung der Diagonalen übt eine Wirkung auf das optische Verhalten aus; in den vorher isotropen Streifen stellt sich die Ebene der optischen Axen senkrecht zur Druckrichtung. Beim Erwärmen bleibt die Feldertheilung bestehen. Die Aetzfiguren sind von tetrasymmetrischer Gestalt und werden durch die Grenzen der Felder in ihrer Lage und Ausbreitung nicht beeinflusst. Verf. schliesst, dass die erwähnten Anomalien deshalb nicht auf eine Zwillingsbildung von Individuen niederer Symmetrie, sondern auf ein Ueberwiegen des Kantenwachsthumes zurückzuführen seien.

2) Penta-Erythrit, $C_5H_{12}O_4$, bildet 2—3 mm grosse wasserhelle Krystalle, welche der tetragonalen Hemimorphie angehören, prismatischen oder pyramidalen Habitus besitzen und sehr vollkommen nach (001) spalten. $a : c = 1 : 1,0236$. $\omega_D = 1,5588$, $\varepsilon_D = 1,5480$. Die Winkel sind schwankend. Am oberen Ende herrschen stumpfe, am unteren Ende spitze Pyramiden; bei der Bildung haften die Krystalle mit dem oberen Ende an der Oberfläche der Lösung.

Basische Spaltflächen, besonders in den oberen Theilen der Krystalle, besitzen ein nach den Ecken der Platte verlaufendes Gerüst. Von Lösungsmitteln wird der stumpfe Pol rascher und stärker angegriffen als der spitze.

Im parallel polarisirten Lichte ist auf Spaltplatten zwischen gekreuzten Nicols eine Viertheilung nach der Diagonalen zu bemerken; es erscheint ein dunkles Kreuz mit vier hellen Feldern. Aetz- und Zersetzungsfiguren, sowie prismatische Spaltrisse greifen über die Feldergrenze hinweg. Die Lage der optischen Axen wechselt sowohl von Schicht zu Schicht, als auch innerhalb eines und desselben Feldes. Im Allgemeinen ist der Winkel der optischen Axen am grössten in den Randpartien der Platte, während er im Bereiche der Diagonalen wenig oder gar nicht von 0° abweicht. Bei Druck stellt sich die Ebene der optischen Axen senkrecht zur Druckrichtung. Beim Erhitzen unter 100° wird die optische Feldertheilung anfangs deutlicher; über 100° allmählich undeutlicher und verschwindet bei 170°, indem durch Zersetzungsfiguren die Oberfläche trübe wird.

Aus einem Tropfen wässeriger Lösung ausgeschiedene Kryställchen verhielten sich in der Richtung der Hauptaxe völlig isotrop.

Der Penta-Erythrit verhält sich bezüglich seines Gerüstes und der Abhängigkeit der Feldertheilung von der äusseren Umgrenzung dem Apophyllit ähnlich. »Namentlich der leichte Uebergang eines einaxigen Krystalles in einen zweiaxigen führte F. Klocke, neben den anderen von ihm geschilderten Erscheinungen, zu der Ueberzeugung, dass die optischen Anomalien des Apophyllit durch innere Spannung hervorgebracht seien. Mit Rücksicht auf die grosse Uebereinstimmung zwischen Penta-Erythrit und Apophyllit müssen wir auch für die optischen Anomalien des ersteren die gleiche Ursache in Anspruch nehmen.«

3) Kohlensaures Guanidin, $(CH_5N_3)_2H_2CO_3$, ist nach Bodewig tetragonal-trapezoëdrisch-hemiëdrisch. Die gewöhnlichen Formen der bis zu 7 mm grossen Krystalle sind $p = \{111\}$, daneben $a = \{100\}$ und $c = \{001\}$; spaltet sehr vollkommen nach (001). In ihrem inneren Bau sind sie dem Penta-Erythrit ähnlich, aber entgegen den Beobachtungen Wyrouboff's lassen die vier Felder meist sogar bei Anwendung des Gypsblättchens keine Doppelbrechung erkennen. Wo zweiaxige Stellen vorkommen, sind dieselben auf die nächste Umgebung des Krystallskelettes beschränkt und geben ihren Zusammenhang mit dem Auftreten neuer Flächen unzweideutig zu erkennen, »so dass diese untergeordneten Anomalien zweifelsohne auf Spannungen zurückzuführen sind, die von jenem Skelett ihren Ursprung nehmen«. Erhitzung ändert nichts, wohl aber schon ein gelinder seitlicher Druck an dem optischen Verhalten. »Wenn aus den Aetz- und Zersetzungsfiguren die Enantiomorphie des kohlensauren Guanidins nicht mit absoluter Sicherheit hat festgestellt werden können, so berechtigt doch nichts zu der Annahme G. Wyrouboff's, dass die Fähigkeit der Krystalle die Polarisationsebene des Lichtes zu drehen auf lamellare Verzwillingung zweiaxiger Individuen zurückzuführen sei, um so weniger, als die tetrasymmetrische Gestalt der Zersetzungsfiguren und der Schlag- und Druckfigur die Zusammengehörigkeit der Substanz zum tetragonalen System beweisen, und erstere ebenso wie die Spaltrisse von den Grenzen der Felder unabhängig sind.«

4) Benzil, $C_6H_5CO.CO.C_6H_5$, hexagonal, $a : c = 1 : 1,6322$. Die Winkel sind schwankend. Auf den Prismenflächen zeigen sich mitunter asymmetrische Aetzfiguren, welche die Zugehörigkeit des Benzils zur trapezoëdrischen Hemiëdrie beweisen. Auf der Basis erhielt Verf. mittels Schwefelkohlenstoff Aetzfiguren von dreiseitiger Form, welche mit den Kanten von $(10\bar{1}1):(0001)$ Winkel von 30° bezw. 90° bilden, welche also mit der Tetartoëdrie in Einklang stehen.

Basische Spaltplatten zeigen bei genügender Dünne drei Sectoren, deren Grenzlinien von dem Mittelpunkte des Krystalles nach den abwechselnden Prismenkanten verlaufen. Dazu kommt häufig ein den Begrenzungselementen der Platte parallel gestelltes Mittelfeld, welches entweder völlig oder fast völlig isotrop bleibt. Im Allgemeinen ist im convergenten Lichte in den Seitentheilen ein Axenwinkel zu erkennen mit bedeutender Dispersion, $\varrho < v$. Die Auslöschung der Felder ist im Wesentlichen parallel mit den Diagonalen, aber nicht ganz gleichmässig. Aus Lösungen aus einem Tropfen Schwefelkohlenstoff wurden auch Kryställchen mit einem sechsseitigen centralen Felde erhalten, um welches sechs Randfelder gelagert waren, die aber optisch zu je zweien gleichzeitig auslöschten, also den grösseren Krystallen optisch gleich waren. Durch Erwärmen wird der Farbenunterschied der Felder verstärkt. Bei seitlichem Druck stellt sich in Folge des positiven Charakters der Doppelbrechung die Ebene der optischen Axen in allen Feldern in die Druckrichtung. »Die Form der Aetzfiguren lässt die Zugehörigkeit des Benzils zur trapezoëdrischen Tetartoëdrie des hexagonalen Systemes unzweifelhaft erkennen, und ihre Unabhängigkeit, sowie jene der Druckfigur von der Grenze der Felder beweist, dass die optischen Anomalien nicht sowohl auf Zwillingsbildung, als auf Spannung zurückzuführen sind.«

5) Strychninsulfat, $(C_{21}H_{22}N_2O_2)_2H_2SO_4 + 6H_2O$; nach Baumhauer tetragonal-trapezoëdrisch-hemiëdrisch, spaltet vorzüglich nach der Basis. Die Basis ist häufig von natürlichen Vertiefungen bedeckt, deren Ränder schief zur Combinationskante mit der Pyramide stehen. Doppelbrechung negativ. Im parallelen polarisirten Lichte tritt an den tafelförmigen Krystallen eine schwache Feldertheilung parallel zu den Diagonalen der Platten ein. Sehr häufig bestehen mehrere Feldertheilungen an einer Platte neben einander und die Folge davon ist, dass dort, wo bei Anwendung des Gypsblättchens erster Ordnung gelbe und blaue Felder theilweise zur Deckung kommen, eine mehr oder minder vollständige Einaxigkeit eintritt. An den basischen Spaltblättchen pyramidal ausgebildeter Krystalle dagegen gewahrt man vier Pyramidensectoren von stärkerer Doppelbrechung, die in Form schmaler Bänder an den Seiten der Platten auftretend ein grösseres quadratisches Mittelfeld umschliessen, das in seinem optischen Verhalten dem der tafelförmigen Krystalle völlig entspricht. Die Auslöschung erfolgt in allen Fällen, wenn die Seiten der Platten mit den Nicolhauptschnitten parallel gehen. Die Ebene der optischen Axen steht senkrecht zu den Seiten der Platte. Bei längerem Liegen an der Luft ändert sich die Lage der optischen Axen, bis sie schliesslich (nach etwa einem Monat) mit den Seiten 45^0 bildet. Dieselbe Veränderung kann man unter dem Exsiccator in 15 Minuten erreichen. In beiden Fällen wird der ursprüngliche Zustand durch Erwärmen auf 20^0—25^0 wieder hergestellt. Diese Erscheinung beobachtet man auch dann, wenn die Platte mit einem Oeltropfen bedeckt oder in Canadabalsam eingeschlossen wird; aber auch dann wird sie schon bei 20^0—25^0 wieder rückgängig. Wurde dem Krystalle über 1 Molekül Wasser entzogen, und er dann unmittelbar darauf mit Oel übergossen, so zeigte er keine Aenderung seines optischen Verhaltens. Die erwähnten optischen Aenderungen können demnach auch nicht wohl in einem etwaigen Wasserverlust begründet sein. Dünne tafelförmige Kryställchen, welche in der Mehrzahl einaxig und frei von Feldertheilung sind, zeigen beim Erhitzen auf 55^0 Feldertheilung nach den Diagonalen, ihre optischen Axenebenen gehen aber jetzt parallel zu den Seiten der Platte; bei 90^0 sind sie wieder einaxig. Durch Erhitzen scheint demnach die Substanz eine Umwandlung in eine andere Modification zu erfahren. Da bei den gewöhnlichen Krystallen weder die natürlichen Vertiefungen

auf der Basis, noch die Aetzfiguren, noch auch die Spaltrisse von den optischen Grenzen beeinflusst werden, so glaubt der Verf., dass letztere nicht als Zwillingsgrenzen aufzufassen seien. »Da endlich wegen der Reinheit des verwendeten Materials auch nicht isomorphe oder mechanische Beimengung als Ursache der Feldertheilung in Frage kommt, so bleibt nur noch übrig, diese Erscheinung, zumal mit Rücksicht auf ihre leichte Veränderlichkeit, aus Spannungen herzuleiten, welche wegen der klar zu Tage tretenden Abhängigkeit der Feldertheilung von der Flächenbegrenzung, sodann auch wegen des Skelettes, das bei wechselnder Temperatur sich bildende Krystalle aufweisen, vermuthlich ihren Grund in einem nach den Kanten und Ecken vorherrschenden Wachsthum haben.«

Ref.: J. Beckenkamp.

16. O. Mügge (in Münster i. W.): **Ueber Zwillingsbildung von Chlorbaryum** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, **2**, 141—148). — Verf. hält die von O. Lehmann (diese Zeitschr. **17**, 269) beschriebenen Zwillinge von Chlorbaryum nach (130) für fraglich, so lange nicht der Nachweis geliefert sei, dass nicht etwa sogenannte »halbregelmässige Verwachsungen« hier vorliegen; ferner findet Derselbe, dass ein stärkerer Gummizusatz zur Lösung die Entstehung baumförmig verzweigter Aggregate befördert, sich aber der Entstehung der allein sicher bekannten Zwillinge des Chlorbaryums nach (001) und (100) gegenüber als vollkommen einflusslos erweist. Ebenso beobachtete er, dass ein Zusatz von Na_2SO_4 zu einer verdünnten Mischung von $CaCl_2$ und H_2SO_4 für die Zwillingsbildung und den Habitus der entstehenden Gypskrystalle gleichgiltig ist. Dagegen fand er einen Zusatz von Gummi zu einer gesättigten Lösung von $CaCl_2$ und H_2SO_4 in der Weise von Einfluss, dass in diesem Falle nur einfache Krystalle entstanden. Verf. glaubt, dass die Lehmann'sche Ansicht, durch den hindernden Einfluss des Lösungsmittels werde die Zwillingsbildung befördert, auch durch die Beobachtung an Mineralien widerlegt werde, indem bei vulkanischen Gesteinen die Plagioklas- und Augitmikrolithe der Grundmasse weniger verzwillingt sind, als die Einsprenglinge dieser Gesteine, und die aufgewachsenen Orthoklase der krystallinischen Schiefer weniger einfach gebaut sind, als die Orthoklaseinsprenglinge dieser Gesteine.

Ref.: J. Beckenkamp.

17. O. Lehmann (in Karlsruhe): **Ueber tropfbarflüssige Krystalle** (Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **40**, 401—423). — Die von L. Gattermann dargestellten Präparate Azoxyphenol, Azoxyanisol $N_2O_3(C_6H_4)_2(CH_3)_2$ und der Körper $N_2O_3(C_6H_4)_2CH_3C_2H_5$ bilden bei gewöhnlicher Temperatur feste Krystalle. Werden dieselben zwischen Object- und Deckglas geschmolzen, bis zur Krystallisation abgekühlt und dann wieder erwärmt, so verwandelt sich die erste Substanz bei 134°, die zweite bei 116°, die dritte bei 87° plötzlich in andere stark doppeltbrechende, beim Drehen zwischen gekreuzten Nicols viermal hell und dunkel werdende Krystalle um, welche die Umrisse der früheren Krystalle besitzen, aber flüssig sind.

Bei 165° bez. 134° und 140° verwandeln sie sich in die nicht doppeltbrechende flüssige Modification. Unter geeigneten Bedingungen schwimmen die Krystalltröpfchen als vollkommene Kugeln in der einfach brechenden Schmelze. Die Kugeln zeigen bei gewöhnlichem Lichte eigenthümliche Schlieren, die bei gewissen Stellungen aus einem centralen Kerne und einem peripherischen Ringe

bestehen. Zwischen gekreuzten Nicols ist die Auslöschungsrichtung für die einzelnen Punkte des Tropfens durch ein System von radialen und concentrischen Linien gegeben, welches den elektrischen Niveau- und Stromlinien in einer leitenden Kugel entspricht, in welcher an den Endpunkten eines Durchmessers ein elektrischer Strom ein- und austritt. Sie zeigen daher ein den Sphärokrystallen entsprechendes Kreuz. Bei Anwendung eines Polarisators ohne Analysator erscheinen die ringsum symmetrischen Tropfen dichroitisch mit Feldertheilung nach vier abwechselnden Quadranten. »Da bei flüssigen Krystallen weder von Spannungen nach Klocke's Annahme, noch von Zwillingen nach Annahme Mallard's die Rede sein kann«, so muss nach einer anderen Erklärung gesucht werden; »voraussichtlich wird die nähere Untersuchung der Erscheinung die Mittel bieten, auch jene optischen Anomalien bei festen Körpern besser als jetzt zu erklären.« Durch Verschiebung des Deckglases kann der centrale Kern an die Randcurve herangebracht werden; beim Nachlassen des Druckes springt aber der Kern wie durch eine elastische Kraft getrieben in die Mitte der Scheibe zurück. Durch weitere Schiebung kann aber der ursprünglich centrale Kern zwischen den Enden der nun aufreissenden ursprünglich ringförmigen Randkerne eine stabile Lage annehmen. Wird ein Krystalltropfen mechanisch getheilt, so nimmt jeder Theil sofort wieder Kugelgestalt an und jeder Theil zeigt, wie der frühere Tropfen, zwei Kerne. Umgekehrt können sich auch zwei Tropfen zu einem einzigen vereinigen, und der entstandene neue Krystall besitzt dann auch nur zwei Kerne, einen centralen und einen peripherischen. Krystalltropfen jeder der drei genannten Substanzen können gegenseitig mit einander verschmelzen.

Die erwähnten Tropfen müssen nach Ansicht des Verfs. als Krystalle von sehr starker Doppelbrechung angesehen werden, deren Elasticitätsgrenze gegenüber der sehr schwachen Oberflächenspannung an der Grenze gegen das Lösungsmittel so gering ist, dass sie auf keine Weise zum Ausdruck kommt. Es ist also anzunehmen, »dass die Elasticitätsgrenze dieser Krystalle wirklich gleich Null ist, dass somit drei Substanzen existiren, welche in optisch anisotropem, flüssigem Zustande auftreten können«. »Nach den herrschenden Ansichten, welche ihre vollkommenste Entwickelung in der Theorie Sohncke's gefunden haben, besteht das Wesen des krystallisirten Zustandes darin, dass die Moleküle ein regelmässiges Punktsystem bilden, in welcher Anordnung sie durch die elastischen Kräfte mehr oder minder festgehalten werden. Unter Umständen erfolgt durch Wärme, Druck u. s. w. Störung des Systemes, dasselbe klappt wie ein halbgeöffnetes Taschenmesser selbst in Folge eines nur localen Stosses vollständig zusammen, d. h. geht in ein neues, den veränderten Bedingungen entsprechendes, stabileres System über.« Verf. hat schon früher versucht zu zeigen, »dass diese Theorie unzureichend ist, dass sie wohl ein ganz kleines Gebiet von Erscheinungen zu erklären vermag, uns aber völlig im Stiche lässt, sobald wir über die rein geometrischen Eigenschaften der Krystalle hinaus zu dem physikalischen Verhalten derselben übergehen. Weit befriedigendere Erklärungen werden erhalten, wenn man die regelmässige Anordnung der Moleküle im Raume nur als etwas Nebensächliches betrachtet, als eine Art und Weise der Zusammenlagerung, welche bei ungestörter Ausscheidung eintritt, indess schon durch genügend grosse Deformirungskräfte gestört werden kann, ohne dass dadurch im mindesten das Wesen des Krystalles beeinflusst wird«.

Ref.: J. Beckenkamp.

18. O. Lehmann (in Karlsruhe): **Ueber krystallinische Flüssigkeiten** (Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **41**, 525—537. Vergl. auch die Abhandlung desselben Autors: Ueber die Definition des Begriffes Krystall. Diese Zeitschr. **18**, 457 und: Ueber fliessende Krystalle. Diese Zeitschr. **20**, 298). — Verf. untersucht die Frage, ob diejenigen Flüssigkeiten, welche optisch isotrop sind, nicht krystallinisch oder regulär seien.

In den im vorigen Referate erwähnten krystallinischen Flüssigkeiten konnten solche Substanzen, welche sich in dem isotropen Schmelzflusse der betreffenden Substanzen leicht auflösten, nicht gelöst werden. Wurden die fremden Substanzen in dem Schmelzflusse gelöst und dann dieser abgekühlt, so schieden sich die flüssigen Krystalle stets rein ab. Die Mischbarkeit der drei erwähnten krystallinischen Flüssigkeiten unter einander entspricht der vollkommenen Mischbarkeit isomorpher Krystalle. Existiren also Flüssigkeiten mit regulär krystallinischer Structur, so ist zu erwarten, dass dieselben ebenfalls nur für sehr wenige anderen, namentlich isomorphe Substanzen Lösungsvermögen zeigen. Da alle bekannten optisch-isotropen Flüssigkeiten die verschiedenartigsten Körper aufzulösen und sich mit den verschiedensten anderen Flüssigkeiten zu mischen im Stande sind, so sind dieselben nicht etwa als regulär krystallinisch, sondern als unkrystallinisch anzusehen.

Ref.: J. Beckenkamp.

19. S. Czapski (in Jena): **Krystallrefractometer nach Abbe, hergestellt von C. Zeiss** (Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1890, 246 u. 269 ff.). — Während Pulfrich (vergl. diese Zeitschr. **15**, 324 und **14**, 202) als Grundkörper seines Totalreflectometers einen vertical gestellten Glascylinder gewählt, tritt bei dem Abbe'schen Apparate eine Halbkugel mit nach oben gerichteter planer Grundfläche an dessen Stelle, deren genaue Herstellung weniger Schwierigkeiten bietet und welche schärfere Bilder giebt. Der Apparat kann natürlich ebenso wie der von Pulfrich sowohl für total reflectirtes, als auch für streifend einfallendes Licht benutzt werden. Da alle aus der Kugelfläche austretenden parallelstrahligen Büschel sich in je einem Punkte schneiden, so würde man bei geeigneter Beleuchtung auf einer mit der Halbkugel concentrischen Fläche in einem Abstande gleich der Brennweite der Kugelfläche ein reelles Bild der Grenzcurve der Totalreflexion erhalten, welches zur objectiven Demonstration ebenso benutzt werden könnte, wie es bei Pulfrich geschieht. Um aber den Apparat zu subjectiven Beobachtungen brauchbar zu machen, müsste vor dem Beobachtungsfernrohre eine planconcave Linse aus gleichem Glase und demselben Krümmungsradius wie die Halbkugel angebracht sein, so dass die durch letztere verursachte Brechung der Strahlen gerade aufgehoben und die nunmehr wieder parallelstrahligen Bündel durch das Fernrohr beobachtet würden. In Wirklichkeit ist jedoch diese planconcave Zusatzlinse mit der eigentlichen Objectivlinse des Fernrohres zu einer einzigen Linse vereinigt, und das Objectiv des Fernrohres streift unmittelbar über die Oberfläche der Halbkugel. Man erhält so in der Brennebene des Fernrohres scharfe Bilder der Grenzcurven. Die auf einer Centrir- und Justirvorrichtung ruhende Halbkugel ist um eine verticale Axe drehbar. Die Axe des vorderen Theiles des Fernrohres fällt zusammen mit der eines drehbaren Verticalkreises. Durch eine dreifache rechtwinklige Biegung des Ocularrohres gelangt die Axe des Objectives in die Richtung eines dem Verticalkreise parallelen Radius der Halbkugel, welcher bei einer Drehung des Verticalkreises sich um das Centrum der

Halbkugel dreht; hierbei bleibt wie erwähnt die vordere concave Fläche des Objectives immer dicht über der Halbkugel. Das Innere des dreimal rechtwinklig gebogenen Fernrohres ist zum Theil durch zusammengekittete Glasprismen ausgefüllt, an deren unter 45° gegen die Axen geneigten Endflächen die Lichtstrahlen jedesmal total reflectiren, und so aus der einen Axenrichtung des Fernrohres in die andere gelangen. Die Beobachtung geschieht in der Weise, dass man das Objectiv des Fernrohres einmal auf der rechten Seite und einmal auf der linken Seite der Halbkugel auf die Grenze der totalen Reflexion einstellt, die beiden hierzugehörigen Werthe am Verticalkreise abliest und die Differenz derselben halbirt. Um bei doppeltbrechenden Platten den ganzen Verlauf der Grenzcurve für eine Plattenebene zu erhalten, dreht man die Halbkugel mit der aufgelegten Platte um die erwähnte verticale Axe. Ist n der Brechungsexponent der auf die horizontale Fläche aufgelegten Substanz, N der Brechungsexponent der Halbkugel und w der gemessene halbe Winkel, so ist natürlich $n = N \sin w$.

Ref.: J. Beckenkamp.

20. M. Bauer (in Marburg): **Beiträge zur Mineralogie. VI. Reihe** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, **1**, 10).

11) Ueber einen Turmalinzwilling. — Verf. beschreibt einen Durchkreuzungszwilling von schwarzem Turmalin unbekannten Fundortes nach $(10\bar{1}1)$. Das grössere Individuum ist hierbei begrenzt von $\{11\bar{2}0\}$, $\{02\bar{2}1\}$, das kleinere, von dem der eine Theil vollständig abgebrochen ist, zeigt nur $\{11\bar{2}0\}$. Die beiden Prismen bilden einen Winkel von 132° 42′ mit einander.

12) Ueber eine Pseudomorphose von Aragonit nach Kalkspath. — Während Pseudomorphosen von Kalkspath nach Aragonit sehr häufig sind, hat man solche von Aragonit nach Kalkspath nur sehr selten angetroffen. Eine derartige Pseudomorphose wurde vom Verf. an zwei Stufen beobachtet, von denen die eine sicher, die andere wahrscheinlich von Pajsberg in Wermland stammt. Bis 4 cm lange, 1,5 cm starke, im Innern hohle Krystalle von Kalkspath $\{21\bar{3}1\}$ und $\{10\bar{1}1\}$ sind auf stalaktitischem, zum Theil mit Psilomelan bedecktem Braunspath aufgewachsen. Eine 1—2 mm starke, aussen und innen skalenoëdrisch gestaltete Hülle von Kalkspath umschliesst bei diesen Krystallen eine schneeweisse, trübe, feinkörnige, marmorähnliche, zum Theil lockere und poröse Ausfüllungsmasse, welche sich deutlich aus drei verschiedenen Bestandtheilen zusammensetzt, und zwar aus Kalkspath, baryumhaltigem Aragonit und Baryt. Letzterer, der die Formen $M = \{110\}$, $d = \{102\}$, $l = \{104\}$, $P = \{001\}$, $k = \{010\}$ zeigt, tritt an Menge gegen die übrigen Bestandtheile sehr zurück. Die Art und Weise des Vorkommens dieser drei Mineralien der Ausfüllungsmasse lässt erkennen, dass Aragonit und Baryt sich gleichzeitig gebildet haben und dass die in Rede stehende Pseudomorphose nicht als eine durch molekulare Umlagerung der Kalkspathsubstanz in Aragonit entstandene Paramorphose aufzufassen ist, sondern dass der Aragonit sich gleichzeitig mit Baryt aus wässeriger Lösung neu gebildet hat. Da nach den Versuchen von H. Credner (Journ. f. prakt. Chem. 1870 und Sitzungsber. d. kgl. sächs. Ges. d. W. 2. Juni 1870) sich kohlensaurer Kalk bei Gegenwart von Strontium aus wässeriger Lösung in der Form des Aragonits abscheidet, schien ein ähnliches Verhalten auch bei Gegenwart von Baryum wahrscheinlich. Diese Vermuthung wurde durch Versuche direct bestätigt. Aus einer wässerigen Lösung von Calciumbicarbonat schieden sich bei Verdunstung kleine, bisweilen messbare Kryställchen von Kalkspath $\{10\bar{1}1\}$, $\{0001\}$ ab, aus einer solchen von Baryumbicarbonat

Witheritkryställchen (Comb. von Prisma, zugehöriger Pyramide, Doma; Basis; auffallender Weise zeigt dieser künstliche Witherit nie die complicirte Zwillingsbildung des natürlichen, höchstens Andeutung von polysynthetischer, lamellarer Zwillingsstreifung). Enthielt die Baryumbicarbonatlösung etwas Calciumbicarbonat, so schieden sich wiederum Witheritkryställchen aus, die nur durch Zurücktreten der Pyramiden- und Vorherrschen der Domenflächen eine etwas andere Ausbildung zeigten; enthielt dagegen die Calciumbicarbonatlösung auch nur geringe Mengen Baryum (1—2 %), so entstanden neben spärlichen Kalkspathrhomboëdern deutliche Aragonitkryställchen mit den Formen $\{110\}$, $\{010\}$, $\{011\}$, $\{101\}$; sie unterschieden sich vom Witherit durch völliges Fehlen der Basis, Pyramide und des Makropinakoids, bisweilen zeigten sie lamellare Zwillingsbildung. Der Prismenwinkel betrug $64^{0}\,8'$. Ein geringer Baryumgehalt konnte mikrochemisch sicher nachgewiesen werden.

13) Ueber den Lièvrit von Herbornseelbach in Nassau. — Der zuerst von G. vom Rath (Pogg. Ann. 1871, Erg.-Bd. **5, 424**) krystallographisch beschriebene Lièvrit findet sich auf einer $2\frac{1}{2}$ Stunden langen von SW nach NO gerichteten schmalen Contactzone zwischen devonischen Tentaculitenschiefern und Melaphyrlagergängen zusammen besonders mit Klipsteinit. Das nassauische Vorkommen zeigt grosse Analogien mit dem toscanischen. Während in letzterem der Lièvrit zusammen mit strahligem Augit und Bustamit vorkommt, treten bei H. als Begleiter sehr ähnliche Mineralien, nämlich Babingtonit und Inesit auf.

Die Krystalle des Lièvrit zeigen zwei verschiedene Typen: entweder sind sie nur mit einer kleinen Stelle der Prismenkante oder Fläche auf einer Unterlage derben Lièvrits aufgewachsen und so fast ringsum ausgebildet, oder an einem Ende aufgewachsen und prismatisch entwickelt. An den bis 6 mm grossen Krystallen des ersten Typus wurden die Formen $M = \{110\}$, $s = \{120\}$, $h = \{210\}$, $b = \{010\}$, $o = \{111\}$, $p = \{101\}$, $e = \{012\}$ beobachtet; das von vom Rath angegebene Makropinakoid konnte nicht sicher nachgewiesen werden. An den Enden der Krystalle finden sich stets o und p, von denen bald das eine, bald das andere vorherrscht. h zeigt stets nur schmale Flächen. Die Ausbildungsweise der Krystalle dieses Typus ist eine verschiedene. Entweder sind es ziemlich einheitlich aufgebaute Individuen mit im Wesentlichen ebenen, oder nur wenig gekrümmten Flächen, oder die Krystalle zeigen in der Mitte der Prismenflächen eine schwache, bisweilen auch sehr starke, nach einer zur Axe c senkrechten Ebene verlaufende Einschnürung, von welcher aus sich die Krystalle gegen oben und unten hin wieder nach allen Seiten ausdehnen. Dabei sind die vorderen, resp. hinteren Prismenkanten $h:h$ nur nach vorn resp. hinten, die seitlichen Kanten $M:M$ resp. die Kanten $s:s$ oder die dieselben abstumpfenden Flächen b nur nach rechts und links geneigt, so dass also die Kanten $h:h$ in der Symmetrieebene ac, die Kanten $s:s$ in der Symmetrieebene bc bleiben, während die anderen Kanten in der Prismenzone nach oben resp. unten deutlich divergiren. Diese Krystalle erinnern in ihrer Ausbildung sehr an garbenförmig verwachsene Desmine. — Die viel selteneren Krystalle des zweiten Typus, deren Grösse 1,5 cm bei einer Dicke von 2—3 mm beträgt, sitzen auf einer derben Masse strahligen, zum Theil radial gebauten Lièvrits in der Art, dass die Strahlen da, wo sie in einen Hohlraum hineinragen, an dem freien Ende mit Flächen ausgebildet sind. Diese Krystalle sind frischer, als die des ersten Typus und ihre Flächen glänzender, manche ihrer Flächen sind indess in einzelne polygonale Felder getheilt. Folgende Formen wurden an ihnen beobachtet: $a = \{100\}$, $b = \{010\}$, $c = \{001\}$, $M = \{110\}$, $\delta = \{13.17.0\}$, $\nu = \{340\}$, $v = \{4.11.0\}$, $s = \{120\}$,

$d = \{110\}$, $\varphi = \{011\}$, $e = \{021\}$, $o = \{111\}$, $x = \{211\}$, $\omega = \{28.25.28\}$, $\beta = \{32.31.33\}$, $\mu = \{540\}$, $h = \{210\}$, $\eta = \{730\}$, $p = \{101\}$, $w = \{301\}$, $\tau = \{121\}$ und die vicinale Form $\pi = \{40.1.40\}$. Zwei gemessene Krystalle zeigten die Comb. $Mh\delta sab\pi\omega oe$ und $bcMhs\mu vd\eta vopwe\varphi\beta\tau x$. Was die Vertheilung der Flächen an dem zweiten Krystalle anbelangt, so sind nur $hMbcoxpw\varphi e$ vollzählig vorhanden. Aus den Winkeln $(120):(\bar{1}20) = 72^0\,42'$ und $(111):(1\bar{1}1) = 41^0\,34'$, welche am ersten Krystalle gefunden waren (die entsprechenden Werthe am zweiten Krystalle waren $72^0\,45'$ und $41^0\,32'$), leitet sich das Axenverhältniss ab: $a : b : c = 0,6795 : 1 : 0,4576$. Vergleicht man das Axenverhältniss und die chemische Zusammensetzung dieses Liëvrits mit den entsprechenden Werthen anderer Fundorte, so ergiebt sich, dass mit steigendem MnO-Gehalte die Werthe von a und c zunehmen:

	MnO	$a : b : c =$
Thyrill		0,6619 : 1 : 0,4392,
Elba	0,74—1,55	0,6665 : 1 : 0,4427,
Grönland	1,97	0,6744 : 1 : 0,4484,
Herbornseelbach	6,78—8,68	0,6795 : 1 : 0,4576.

Hiernach steht zu vermuthen, dass der chemisch noch nicht untersuchte Liëvrit von Thyrill den geringsten Mangangehalt aufweisen wird. Zum Schlusse giebt Verf. eine Zusammenstellung aller bis jetzt am Liëvrit bekannt gewordenen Formen.

Ref.: H. Traube.

21. L. Darapsky (in Taltal, Chile): **Ueber einige Mineralien aus Atacama** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, **1**, 48) (vergl. diese Zeitschr. **14**, 492; **19**, 307). — 1) Der Aromit (von aroma Nacht im aimará) füllt in derben, harten Fasern von gelblicher Farbe und glasigtrübem Glanze eine mehrere Zoll breite Gesteinsspalte in der Umgegend von Copiapó aus. Stellenweise ist er durch Kupfersulfat hellblau gefärbt, die Analyse ergab:

Al_2O_3	4,68
MgO	2,87
FeO	9,45
Na_2O	1,03
CuO	2,12
SO_3	34,59
H_2O	45,36
Cl	Spur
	100,10

Wird das Kupfer auf Kupfervitriol berechnet und in Abzug gebracht, so ergiebt sich die Formel $6MgSO_4.Al_2(SO_4)_3 + 54H_2O$.

2) Eisensulfate. a) Paposit. — Hellblaue, harte Massen von der Grube Union, District Reventon unweit Paposo, in denen eine rothbraune Substanz sternförmig eingelagert ist und die von gelblichen oder weissen Adern durchzogen werden. Nach Stüven besteht die braune Substanz aus 39,34 Fe_2O_3, 40,14 SO_3, 20,22 H_2O. Nach Untersuchungen des Verfs. zeigt die hellblaue Substanz, welche sich in Folge ihrer grösseren Härte leicht isoliren lässt, die Zusammensetzung

Fe_2O_3	30,00
CuO	8,27
SO_3	33,05
H_2O	26,81
$MgCl_2$	Spur
Unlösliches	1,83
	99,96

Das Kupfer als Sulfat in Abzug gebracht giebt die Formel $2Fe_2O_3.3SO_3 + 10H_2O$. Darnach steht der P. zwischen Raimondit und Hohmannit. Der Paposit zeigt selten Krystallflächen, es wurde ein Prisma von 82°, von einer schief aufgestellten Basis begrenzt, beobachtet.

b) Vom Amarantit von Antofagasta theilt Verf. eine neue Analyse mit: 35,62 Fe_2O_3, SO_3 36,20, H_2O 28,33 = 100,15, die mit der von Frenzel (diese Zeitschr. **18**, 532) gegebenen übereinstimmt. Von den 7 Mol. Wasser entweichen 3 bei 100° C., je eins bei 140° und 175°, ½ bei 200°, der Rest bei gelindem Glühen.

c) Hohmannit fand sich theils eingeschlossen in dichtem Copiapit, theils verwachsen mit einer chamoisfarbenen blätterigen Masse, nach Frenzel (l. c.) ein Umwandlungsproduct, welche die Zusammensetzung zeigt: 36,86 Fe_2O_3, 36,85 SO_3, 26,34 H_2O, 0,53 Rückstand. Vom Amarantit unterscheidet sich sonach diese chamoisfarbene Substanz nur durch den Wassergehalt. Verf. vermuthet daher im Gegensatze zu Frenzel, dass sie aus diesem entstanden sei und später aus ihr sich der Hohmannit gebildet habe. Vom H. fanden sich messbare Krystalle.

d) Coquimbit und Copiapit. — Auf centimetergrossen, violetten Coquimbitkrystallen $\{0001\}$, $\{01\bar{1}2\}$, $\{10\bar{1}2\}$, $\{01\bar{1}1\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$ von Tierra Amarilla fanden sich ¾ mm starke, 6—8 mm lange Nadeln (hexagonales Prisma und Pyramide), Analyse 1. Ausserdem wird noch ein bernsteingelber, krystallinischer und ein feinkörniger bis dichter, blauvioletter Coquimbit mit ausgezeichnetem, muscheligem Bruche von Rio Loa angeführt; letzterer wird beim Erwärmen zuerst fast farblos, bei 100° C. hellgelb, zuletzt bräunlich, von den 29,87 % H_2O entweicht, bei 100° die Hälfte, bei 200° der Rest. — Der Copiapit kommt ausser auf Coquimbit und als Muttergestein des Amarantits und Hohmannits in Tierra Amarilla noch mit Kupfer- und Eisenvitriol vor und dann in ganz besonders deutlichen Krystallen. In der Regel ist er gelb, am Rio Loa jedoch lichtgelbgrün bis braun und schwarz, oft ist er begleitet von einer gelben, bröckeligen Kruste, die, wie der geringere Wassergehalt von 26,5 % erkennen lässt, ein Verwitterungsproduct ist. Analyse des Copiapits unter 2.

	1.	2.
SO_3	42,6	38,47
Fe_2O_3	9,5	28,18
CaO	2,4	Spur
MgO	1,0	0,15
H_2O	33,8	29,15
SiO_2	0,6	0,78 Rückstand

Hieraus ergiebt sich die Formel $Fe_2O_3.2\frac{1}{2}SO_3 + 8H_2O$, nach Abzug der als Bittersalz gerechneten Magnesia; die Zusammensetzung liegt also zwischen der gewöhnlich für Coquimbit angenommenen und der des Amarantits. In der Angabe, dass von den 8 Mol. H_2O 1 Mol. bei 75°, 2½ bei 100°, 4 bei 140°, 6 bei 150°

und 7 bei 190° entweicht, muss ein Druckfehler enthalten sein. Verf. schliesst sich der Ansicht Rammelsberg's an, dass der Copiapit vom Misy zu trennen sei. Während nach dem Vorgange von H. Rose der Coquimbit als neutrales, der Copiapit als basisches Salz aufgefasst wurde, schlägt Verf. vor, da sich zwischen beiden Mineralien Uebergänge finden sollen, den Namen Coquimbit gänzlich aufzugeben (besonders da bei Coquimbo derartige Salze nicht vorkommen und der Name auf einer Verwechslung beruht) und als Copiapit eine Gruppe von Eisensulfaten zusammenzufassen, in der auf 1 Aequivalent Fe_2O_3 mehr als 2 SO_3 kommen, bei vollkommener Löslichkeit in Wasser.

e) Fibroferrit von Tierra Amarilla enthält Schnüre einer faserigen, nach Domeyko hellgrauen, nach Verf. gelbgrünen Substanz, welche im Wasser nur zum Theil löslich ist, stark aufquillt und schliesslich in eine mulmige Masse verwandelt wird. Die Analyse des F. ergab:

Fe_2O_3	32,13
SO_3	30,60
H_2O	35,74
Rückstand	1,41
	99,88

entsprechend der Formel $Fe_2O_3.2SO_3.10H_2O$.

f) Als Rubrit beschreibt Verf. eine zum Coquimbit gehörende, hochrothe Substanz vom Rio Loa; es sind plattenförmige, undeutliche Krystalle, die von weissen Knöllchen und hellen Zonen durchzogen sind. Kaltes Wasser bewirkt eine Ausscheidung von Eisenoxydhydrat. Chemische Zusammensetzung:

Fe_2O_3	18,22
Al_2O_3	3,01
CaO	4,10
MgO	5,62
SO_3	41,15
H_2O	27,64
	99,84

Nach Abzug von Gyps und Bittersalz ergiebt sich die Zusammensetzung $Fe_2O_3.2SO_3.3H_2O$.

g) Bräunlicher, krystallinischer Botryogen, zusammen mit krystallisirtem Kupfervitriol und derbem Eisenvitriol bei Tierra Amarilla vorkommend, hatte die Zusammensetzung:

Fe_2O_3	18,13
FeO	8,30
CaO	0,45
SO_3	36,19
H_2O	34,30
Rückstand	2,63

hiernach die Formel $2(Fe_2O_3.3SO_3).(FeO.SO_3).32H_2O$.

3) An gelbbraunen, undurchsichtigen Krystallen $\{111\}$ von Thenardit von Salinas zwischen Antofagasta und Caracoles wurden die Winkel 57° 55′, 104° 40′, 43° 8′ gemessen und hieraus das Axenverhältniss $a:b:c = 0,4577:1:0,8248$ erhalten, welches von dem von Baerwald (diese Zeitschr. 6, 36) $a:b:c = 0,4771:1:0,7984$ am Th. von Aguas Blancas berechneten erheblich abweicht.

Verf. ist geneigt diese Abweichung auf die Beimengungen zurückzuführen, welche die nachstehende Analyse zeigt: SO_3 54,242, H_2O 0,730, Al_2O_3 0,063, Fe_2O_3 0,201, CaO 0,225, MgO 0,072, Na_2O 41,658, Cl 0,356, Unlösliches 2,455, Summe 100,002.

Der Annahme Baerwald's, dass der Kalkgehalt im Th. von Aguas Blancas als beigemengte basische Verbindung aufzufassen sei, kann Verf. nicht beipflichten [die Mehrzahl der Figuren, an denen Verf. die Zwillingsbildung des Th. veranschaulichen will, die aber sonst nicht näher beschrieben werden, stellen nicht Zwillingskrystalle dar, sondern lassen nur auf regellose Verwachsungen schliessen. Der Ref.].

4) Es werden Quarze von Talca und Caracoles beschrieben und abgebildet, die nichts Bemerkenswerthes darbieten.

5) Zollgrosse Steinsalzwürfel von schwarzer Farbe von Chañaral geben die Zusammensetzung: $NaCl$ 38,64, $MgCl_2$ 0,28, $CaSO_4$ 0,27, $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ 2,35, Unlösliches 55,35, $CaCO_3$ 1,81, Glühverlust 1,42. Die Zusammensetzung des 55,35 % betragenden »Unlöslichen« wird nicht näher angegeben.

Ref.: H. Traube.

22. F. von Sandberger (in Würzburg): **Arsenikkies und andere Mineralien von Goldkronach, Nickel-Arsenikkies von Neusorg bei Markt Redwitz, Kupferglanz mit Arsengehalt von Winnweiler (Pfalz), Cordierit in einem Einschlusse des Basaltes von Fulda** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, 1, 99). — Arsenikkies findet sich bei Goldkronach in Krystallen {110}, {104} und derben Massen eingewachsen in weissen Quarz oder Sericit, begleitet von Eisenkies {100} {210} und {100} {111} und bisweilen von Antimonglanz. Nach der chem. Analyse (Hilger) zeigt dieser A. den höchsten bekannten Antimongehalt.

S	20,84	Spec. Gew. = 6,09 bei 4° C.
As	41,36	
Sb	3,73	
Fe	34,07	
Ag	0,002	auf trockenem Wege von Mann in Přibram bestimmt.
Au	Spuren	
	100,002	entsprechend der Formel $Fe \left.\begin{matrix} As(Sb) \\ S \end{matrix}\right\} 2$.

In derbem Antimonglanz vom benachbarten Spiessglasgange fand Mann 0,0016 Ag und Spuren von Au. Gold dürfte hauptsächlich im Eisenkies vorkommen, in dessen Begleitung das Metall sich auch gediegen vorfindet. — Der selten Krystallflächen aufweisende Arsenikkies von Neusorg bei Markt Redwitz, welcher in Trümern von weissem Quarz, stellenweise mit Pyrit und Markasit verwachsen vorkommt, zeigt einen bemerkenswerthen Nickelgehalt. Analyse nach Hilger.

S	17,27	Spec. Gew. = 5,96 bei 4° C.
As	42,89	
Fe	34,64	
Ni	4,38	
Co	Spur	
	99,27	entsprechend der Formel $\left.\begin{matrix} Fe\,\frac{8}{9} \\ Ni\,\frac{1}{9} \end{matrix}\right\} \begin{matrix} As_2 \\ S_2 \end{matrix}$.

Kupferglanz von der Grube Katharina bei Imsbach unweit Winnweiler (bayer. Pfalz), welcher in Ueberzügen und Nestern auf Klüften im Porphyr vorkommt, zeigte nach Hilger die Zusammensetzung:

Cu	78,44	Spec. Gew. = 5,68 bei 4° C.
Fe	0,39	
As	1,22	
S	20,13	
Ag und *Co*	Spur	
	100,72	Dem K. waren somit 2,7 % Arsenikkies beigemengt.

Schliesslich wird ein Vorkommen von Cordierit in einem Einschlusse des Basaltes vom Calvarienberge bei Fulda erwähnt.

Ref.: H. Traube.

23. G. Gürich (in Breslau): **Geologisch-mineralogische Mittheilungen aus Südwest-Afrika. 1. Mineralien aus dem deutschen Schutzgebiete in Südwest-Afrika** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, **1**, 103). — Verf. giebt eine Uebersicht über die von ihm im Jahre 1888 in Damara- und Namaqua-Land gesammelten Mineralien. An dem geologischen Aufbaue dieses Gebietes betheiligen sich Gneisse mit Einlagerungen von Kalken und Amphiboliten, Glimmerschiefer und verwandte Gesteine, sowie mehrere Granitmassive.

1) Mineralien der Pegmatite: Orthoklas, ähnlich dem von Lomnitz in Schlesien, $\{110\}$, $\{010\}$, $\{001\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{\bar{2}01\}$, $\{001\}$, bisweilen noch $\{\bar{1}11\}$, $\{021\}$. — Mikroklin $\{010\}$, $\{001\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{\bar{1}11\}$. — Albit $\{001\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{40\bar{3}\}$, $\{20\bar{1}\}$, $\{021\}$, $\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{22\bar{1}\}$, $\{44\bar{3}\}$, $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$, $\{130\}$, $\{010\}$. — Oligoklas $\{010\}$, $\{140\}$, $\{130\}$, $\{001\}$, $\{021\}$, $\{\bar{1}11\}$, $\{\bar{2}01\}$. — Muscovit. — Turmalin, schwarz in bis fusslangen, armdicken Krystallen. — Granat. — Beryll, bläulichgrün und weiss, bis 20 cm lange und 4 cm breite Krystalle. — Chrysoberyll, bis zollgrosse Tafeln, ähnlich denen von Marschendorf. — Apatit.

2) Mineralien der Quarzgänge in Granit, Gneiss und Schiefer: Quarz mit $\{11\bar{2}1\}$, $\{51\bar{6}1\}$, auch $\{50\bar{5}3\}$, $\{30\bar{3}1\}$, $\{60\bar{6}1\}$. — Topas (s. Hintze, diese Zeitschr. **15**, 505). — Turmalin. — Wismuth. — Wolframit. — Kupferglanz. — Gold. — Baryt.

3) Mineralien der Quarzlinsen der Schiefer: Rutil. — Kupferglanz. — Chlorit. — Periklin. — Eisenglanz. — Cyanit.

4) Mineralien eingesprengt im Granit: Magnetit in grossen Oktaëdern. — Granat, blassrosa $\{211\}$. — Im Glimmerschiefer: Staurolith, schwarz, Zwillinge nach dem zweiten Gesetze. — Cyanit. — Granat. — In Hornblendegesteinen: Titanit. — Granat. — Kupferkies. — Zirkon.

5) Mineralien auf Granatfelseinlagerungen: Granat, braun und braunschwarz $\{211\}$. — Epidot, grasgrün $\{001\}$, $\{\bar{1}04\}$, $\{\bar{1}03\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{\bar{2}01\}$, $\{\bar{3}01\}$, $\{100\}$, bisweilen auch $\{110\}$, $\{210\}$, $\{\bar{3}04\}$, $\{\bar{5}07\}$, $\{\bar{2}21\}$, $\{\bar{1}12\}$, $\{111\}$. — Vesuvian, colophoniumbraune, halbzollgrosse Krystalle $\{110\}$, $\{100\}$, $\{331\}$, $\{111\}$, $\{001\}$, $\{101\}$, $\{311\}$, $\{312\}$. — Magnetit. — Skapolith, bläulichgraue, centimetergrosse Krystalle mit gerundeten Kanten, in der Endigung begrenzt von $\{111\}$, $\{001\}$; bisweilen auch $\{100\}$ und ein ditetragonales Prisma. — Apatit. — Amphibol. — Pyroxen in Salit-ähnlicher Ausbildung; grüne Krystalle $\{110\}$, $\{100\}$, $\{10\bar{1}\}$, Zwillinge nach $\{100\}$. — Scheelit, nach H. Traube (diese Zeitschr. **21**, 164) molybdänhaltig. — Molybdänglanz. — Oligoklas.

6) Mineralien im krystallinischen Kalk: Tremolith. — Chondrodit. — Skapolith. — Spinell. — Korund. — Graphit.

Ref.: H. Traube.

24. C. Dölter (in Graz): **Ueber die künstliche Darstellung und die chemische Constitution einiger Zeolithe** (Ebenda, 118). — Die Versuche des Verfs. verfolgten den Zweck, die chemische Constitution der Zeolithe, ihre Zersetzbarkeit und Löslichkeit bei höherem Drucke, sowie ihre Bildung näher zu untersuchen. Verf. ging hierbei von der Tschermak'schen Idee aus, dass in den Zeolithen bestimmte, in der Natur bereits bekannte, wasserfreie Silicate enthalten sind, welche an einen Kieselsäurerest gebunden sind. Dieser Kieselsäurerest besitzt wahrscheinlich die Eigenschaft, bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Wassermengen aufzunehmen. Versuche, aus Thonerdesilicaten auf dem Wege der Lösung die entsprechenden Zeolithe darzustellen, führten zu keinem Resultate, weil die in Frage kommenden Mineralien sich erst bei Temperaturen zersetzten, bei denen Zeolithe nicht mehr existenzfähig sind. Es gelang dagegen, die meisten Zeolithe aus der Lösung ihrer Bestandtheile in Wasser bei höherer Temperatur oder in flüssiger Kohlensäure (in verschliessbaren, vernickelten Flintenröhren oder in mit Silber ausgeschlagenen Eisenröhren) krystallisiren zu lassen. Ferner wurden die meisten Zeolithe im Fourquignon'schen Ofen geschmolzen und ihre Schmelze zur Krystallisation gebracht. Die Wasserbestimmungen wurden von J. Unterrweissacher ausgeführt.

Apophyllit. Der krystallisirte Schmelzfluss (spec. Gew. 2,562) besteht aus dem vom Verf. (diese Zeitschr. **13**, 312) beschriebenen hexagonalen Kalksilicate. Der Wöhler'sche Versuch der Darstellung des A. wurde in der Weise wiederholt, dass gepulverter A. vom Fassa-Thale drei Wochen in einem Flintenlaufe einer Temperatur von 150°—160° ausgesetzt wurde. Es entstanden deutliche Krystalle {100}, {111}, {001}. Wurde Okenit mit Kalisilicat und kohlensäurehaltigem Wasser in einem Flintenlaufe 30 Tage lang auf 200° erhitzt, wobei die Substanz völlig in Lösung ging, so schieden sich mikroskopische Krystalle von A. derselben Combination, Okenit in nicht näher untersuchten Neubildungen ab. Aus den Erhitzungsversuchen am A. geht hervor, dass bei 240° 45 % des ganzen Wassergehaltes, bei 260° 55 % entweichen und dass ungefähr die Hälfte des im A. enthaltenen Wassers als wiederaufnehmbar bezeichnet werden kann, somit als Krystallwasser anzusehen ist. Hiernach würde dem A. die Formel $H_2(Ca, K_2)Si_2O_6 + aq$ oder $(Ca, K_2)SiO_3 + H_2SiO_3 + aq$ oder $(Ca, K_2)SiO_3 + SiO(OH)_2 + aq$ zu ertheilen sein. Um das optische Verhalten des A. in der Wärme zu untersuchen, bediente sich Verf. des von ihm früher (diese Zeitschr. **11**, 333) benutzten Apparates. Eine optisch zweiaxige Apophyllitplatte wurde bei ungefähr 250°—270° einaxig. Okenit giebt beim Schmelzen ein analoges Resultat wie der Apophyllit. In verschlossenen Röhren mit kohlensaurem Wasser behandelt, löst er sich und lässt sich umkrystallisiren. Wird O. mit Chloraluminium und kohlensaurem Natron in verschlossener Röhre mit kohlensäurehaltigem Wasser bei 220° längere Zeit behandelt, so bildet sich Analcim {211}, Apophyllit, Chabasit (Rhomboëder). Nimmt man im O. das bei 100° entweichende Wasser als Krystallwasser an, so ist seine Formel $CaSiO_3 + SiO(OH)_2 + aq$. — Dem Pektolith, welcher zu den Zeolithen gerechnet wird, ertheilt Verf. unter Annahme, dass das Mineral 5 % H_2O enthält, die Formel $\left\{\begin{matrix} CaNa_2Si_2O_6 \\ 3CaSiO_3 \end{matrix}\right. + H_2SiO_3 + aq$. Nimmt man jedoch an, dass der 3 % übersteigende Wassergehalt durch Zersetzung des Minerals entstanden

sei, so würde Krystallwasser überhaupt nicht anzunehmen sein (vergl. diese Zeitschr. **18,** 313).

Chabasit von Aussig giebt nach dem Schmelzen Anorthit und Glas, Phakolith von Böhmisch-Leipa einen Albit-haltigen Anorthit und Glas. Die Darstellung des Ch. gelang durch neuntägiges Erhitzen des gepulverten Minerals auf 150° in einem Flintenlaufe, wobei auch nicht näher untersuchte Neubildungen entstanden waren, und durch Auflösung und Umkrystallisirung aus flüssiger Kohlensäure, Temperatur 200°, Zeitdauer 30 Tage. Die Kohlensäure enthielt nach 8 Tagen 44,1 SiO_2, 17,5 Al_2O_3, 38,8 CaO gelöst; es ist somit aus dem Ch. verhältnissmässig mehr CaO als SiO_2 in Lösung gegangen. Ausserdem wurde das Mineral aus seinen Compouenten erzeugt, welche in einem Flintenrohre längere Zeit auf 200° erhitzt worden waren. Da der von Damour und Rammelsberg im Ch. festgestellte Gehalt an Constitutions- und Krystallwasser in der Streng'schen Formel nicht hervortritt, schlägt Verf. vor: $m\,CaAl_2Si_2O_8 + n\,SiO(OH)_2 + 6$ aq, n meist gleich 2.

Heulandit liefert ein halbkrystallines Schmelzproduct, in dem ein Pyroxenartiges Mineral und Anorthit enthalten ist. Die Synthese glückte durch elftägiges Erhitzen des Mineralpulvers auf 170° in kohlensäurehaltigem Wasser im Flintenlaufe. Die entstandenen Krystalle zeigen $\{100\}$, $\{010\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{001\}$. Ausserdem wurde das Mineral durch 14tägiges Erhitzen auf 200° von Anorthit mit frisch gefällter, gelatinöser Kieselsäure in kohlensäurehaltigem Wasser dargestellt, wobei auch andere Neubildungen entstanden. Aus einem Löslichkeitsversuche, der in mehrtägigem Behandeln des Mineralpulvers mit einer 15 % Natriumcarbonatlösung bei 100° in einer geschlossenen Röhre bestand, ging hervor, dass weit mehr SiO_2 als Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO aufgenommen worden war. 100 Th. Lösung enthielten 67 % SiO_2, das Verhältniss von Al_2O_3 zu CaO in dem ungelösten Minerale war dasselbe geblieben. Da das in der Formel des H.: $CaAl_2Si_6O_{16}$ + 2 aq angenommene Kalksilicat $CaAl_2Si_6O_{16}$ nach den Versuchen des Verfs. nicht darstellbar ist — es bildete sich stets nur Anorthit und Kieselsäure —, so wird dem H. die Zusammensetzung $CaAl_2Si_4O_{12} + 2SiO(OH)_2 + 2$ aq zugeschrieben. Ein Pyroxen-artiges Mineral $CaAl_2Si_4O_{12}$ (Auslöschungsschiefe über 40°) scheint dagegen nach Schmelzversuchen in der That existenzfähig zu sein.

Desmin gab ein dem Heulandit ähnliches Schmelzproduct. Da nach den Versuchen Damour's $\frac{2}{3}$ des gebundenen Wassers als Krystallwasser anzusehen ist, so ergiebt sich als Formel für den D.: $CaAl_2Si_4O_{12} + 2SiO(OH)_2 + 4$ aq.

Laumontit geschmolzen und langsam abgekühlt gab einmal eine halbkrystalline Masse mit vorherrschendem Anorthit und einem schief auslöschenden Pyroxen-artigen Mineral, das andere Mal das bei der Darstellung von $CaAl_2Si_4O_{12}$ erhaltene Product, spec. Gew. 2,278. Da nach den Versuchen von Malaguti die Hälfte des Wassers im L. als Krystallwasser anzusehen ist, so ist seine Formel $CaAl_2Si_2O_8 + 2SiO(OH)_2 + 2$ aq.

Das Schmelzproduct des Thomsonit besteht aus Anorthit, vielleicht auch Nephelin. Verf. hält hiernach den Th. für ein Hydrat des Anorthits.

Beim Analcim konnte ein krystallinisches Schmelzproduct nicht erhalten werden. A. bildet sich stets bei Temperaturen von 100°—200° in verschlossenen Röhren überall wo Lösungen von SiO_2, Al_2O_3 und Na_2O aufeinander wirken. Die Formel des A. kann, nachdem Damour nachgewiesen hat, dass das Mineral kein Krystallwasser enthält, nur $H_4Na_2Al_2Si_4O_{14}$ oder $Na_2Al_2Si_2O_8 + 2SiO(OH)_2$ lauten.

Natrolith gab ein aus Nephelin bestehendes Schmelzproduct (vergl. diese Zeitschr. **9**, 321), daneben amorphe Masse. Die künstliche Darstellung gelang durch dreiwöchentliches Erhitzen des gepulverten Minerals auf 160° in einem Flintenlaufe; die sehr dünnen Krystalle zeigten Prisma und Pyramide. Weniger deutliche Krystalle bilden sich, wenn kohlensäurehaltiges Wasser unter Zusatz von 3 % Na_2CO_3 angewendet wird. Verf. ertheilt dem N. die Formel: $Na_2Al_2Si_2O_8 + Si(OH)_4$.

Da sich der Scolezit theoretisch vom Anorthit durch Zusatz von SiO_2 und H_2O ableiten lässt, so muss sein Schmelzproduct aus Anorthit bestehen, es bildet sich in der That Anorthit und amorphe Kieselsäure. Spec. Gew. der Schmelze 2,677. Die Synthese des S. wurde durch Auflösen des Mineralpulvers in Wasser in geschlossener Röhre bei 150° erreicht. Wurde Scolezitpulver in destillirtem Wasser mehrere Tage auf 80° erhitzt, so ging nur wenig SiO_2 in Lösung. Wurde dasselbe Pulver mit 10 % Natriumcarbonatlösung behandelt, so wurden 33,9 % gelöst. Das Verhältniss von SiO_2 zu Al_2O_3 und CaO verhielt sich in der Lösung wie 12 : 1,6 : 2,8; dem gegenüber ist das Verhältniss im Mineral selbst 12 : 7 : 5. Da nach den Versuchen Lemberg's, Damour's und Rammelsberg's im Natrolith Krystallwasser enthalten ist, so schreibt Verf. die Formel $CaAl_2Si_2O_8 + Si(OH)_4$ + aq.

Das Schmelzproduct des Prehnits besteht wie das des Granats (diese Zeitschr. **11**, 77) aus Plagioklas und dem beim Umschmelzen des Wollastonits (diese Zeitschr. **13**, 321) entstehenden Mineral, spec. Gew. 2,699. Beim Schmelzen entweicht Wasser. Der Process wird dargestellt durch die Gleichung:

$$H_2Ca_2Al_2Si_3O_{12} = CaAl_2Si_2O_8 + H_2CaSiO_4$$
$$= CaAl_2Si_2O_8 + CaSiO_3 + H_2O.$$

Verf. schliesst sich der Ansicht Groth's an, dass der P. nicht zu den Zeolithen, sondern zur Dioptasgruppe gehöre.

Aus den Versuchen geht hervor, dass alle Zeolithe aus einem Nephelin-, Pyroxen- oder Feldspath-ähnlichen Silicat bestehen, das bisweilen durch Umschmelzen der betreffenden Mineralien erhalten werden kann; hierzu tritt noch Ortho- oder Metakieseläure. Die meisten Zeolithe enthalten Krystallwasser, das durch Temperaturerhöhung ausgetrieben werden kann, aber meist wieder aufgenommen wird. Alle untersuchten Zeolithe sind bei erhöhtem Drucke im Wasser, insbesondere in kohlensäurehaltigem bei 120°—160° löslich, und können auf diese Weise krystallisirt erhalten werden.

Ref.: H. Traube.

25. R. Fuess (in Berlin): **Ein neuer Erhitzungsapparat für das Reflexionsgoniometer** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, **1**, 161). — Der neue Apparat unterscheidet sich von dem vom Verf. früher construirten (vergl. Groth, Physik. Krystallogr. 570) einmal durch das Material, aus welchem er hergestellt ist, indem als Metall nicht mehr Messing, sondern Kupfer in Anwendung gekommen ist, sodann dadurch, dass die Wärme durch Kupferstäbe und nicht mehr durch Messingröhren zugeführt wird. Der mittlere Theil des Apparates, das eigentliche Luftbad, welches den Krystallhalter und Thermometer umschliesst, besteht aus einer kupfernen Hohlkugel von 5 mm Wandstärke, in welcher drei kleine Fenster für den Durchgang des Lichtes vorhanden sind. In den abnehmbaren Deckel des Luftbades wird das Thermometer gesteckt. An der Aussenseite der Hohlkugel sind zwei einander gegenüberstehende kupferne Schalen angelöthet und der

zwischen diesen und der Hohlkugel sich befindende Zwischenraum ist mit Asbest ausgefüllt. In der Mitte dieser Schalen sind als Wärmezuleiter lange Kupferstäbe angeschraubt, die mit Asbest umwickelt und mit einem Messingmantel umhüllt sind, so dass nur die zu erhitzenden Enden herausragen. Je ein Brennrohr schützt die Flamme gegen Luftzug und trägt einen Schirm von Nickelblech zur Abhaltung der strahlenden Wärme gegen das Goniometer. Der auf einem Glasstiele ruhende Krystallhalter besteht aus einer kleinen Messingscheibe, welche zwei wie die Arme einer Scheere um Gelenke drehbare Stahlplatten trägt, die durch eine Schraube zusammengepresst werden können. In die Flächen dieser Stahlplatten sind regellos kleine Löcher gebohrt, in welche sich dünne Drahtstiftchen einstecken lassen. Je nach der Gestalt und Grösse eines einzuspannenden Krystalles steckt man in drei oder mehr dieser Löcher die Drahtstifte so ein, dass beim Zusammenpressen der Stahlplatten der Krystall in passender Lage von den Drähten gefasst wird. Die Messingscheibe selbst bildet den Verschluss einer hohlen Kugelschale, welche derartig construirt ist, dass sie sich um relativ grosse Winkel allseitig bewegen lässt und eine grobe Vorjustirung des Krystalls gestattet. Bevor der Apparat benutzt wird, ist es nothwendig, den Krystallträger in eine an die Centrir- und Justirvorrichtung des Goniometers befestigte Hülse mit seinem Glasstiele so einzuspannen, dass letzterer annähernd centrirt ist; man orientirt hierauf den Krystall durch die oben erwähnte grobe Justirvorrichtung. Alsdann wird der Halter wieder herausgenommen und der Erhitzungsapparat in passende Lage zum Goniometer gebracht. Bei der Anwendung zweier gewöhnlicher Bunsenbrenner steigt die Temperatur des Luftbades bis nahe an 300° und hält sich in dieser Höhe andauernd constant. Will man die Temperatur des Luftbades unter Zimmerwärme herabsetzen, so werden auf die Enden der Kupferstäbe Muffen aufgeschoben, von welchen starke Kupferstäbe senkrecht niedergehend in Gefässe mit Kältemischung eintauchen. — Der Apparat entspricht somit vollkommen den Bedingungen, welche erfüllt werden müssen, um die Aenderung der Flächenwinkel der Krystalle bei verschiedenen Temperaturen mit dem Reflexionsgoniometer messen zu können.

Ref.: H. Traube.

26. F. Rinne (in Berlin): **Ueber die optischen Eigenschaften des Eisenglimmers** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, 1, 193). — Verf. beobachtete in den Blättchen des Eisenglimmers im Oligoklas von Tvedestrand und Carnallit von Stassfurt in Dünnschliffen deutlichen Pleochroismus $o > e$ und zwar hellgelblich und dunkelbräunlich; die Erscheinung trat nur in den Blättchen deutlich hervor, welche gegen die Schliffläche geneigt lagen.

Ref.: H. Traube.

27. H. Traube (in Berlin): **Mineralanalysen** (Aus: Untersuchungen an den Syeniten und Hornblendeschiefern zwischen Glatz und Reichenstein in Niederschlesien. — Ebenda, 195). — Aus den genannten Gesteinen wurden analysirt:

1) schneeweisser Orthoklas aus dem Syenit zwischen Reichenstein und Ober-Maifritzdorf, spec. Gew. = 2,59;
2) blassfleischrother Orthoklas von Follmersdorf, spec. Gew. = 2,579;
3) weisser, glasglänzender Orthoklas aus einem Gemenge von O., Quarz, Augit von Neudeck, spec. Gew. = 2,61.

	1.	2.	3.
SiO_2	65,49	65,66	64,01
Al_2O_3	18,86	19,20	20,37
Fe_2O_3	0,40	0,52	Spur
CaO	0,32	0,46	1,03
K_2O	12,46	11,15	13,79
Na_2O	1,96	2,96	0,82
Glühverl.	0,35	0,42	0,58
	99,84	100,37	100,60

4) Grüner Augit {110}, {010}, {22$\bar{1}$}, {111}, Auslöschungsschiefe 45°, Vorkommen wie Nr. 3, spec. Gew. = 2,94.

5) Braunrother Granat aus dem Kalk von Neudeck, spec. Gew. = 3,51.

6) Schneweisser Wollastonit, stenglige Aggregate zusammen mit Kokkolith, ebendaher, spec. Gew. = 2,81.

7) Kokkolith, kleine, rundliche Körner von hellgrüner, selten schwärzlichbrauner oder röthlicher Farbe, ebendaher, spec. Gew. = 3,26.

	4.	5	6.	7.
SiO_2	50,53	38,57	51,15	52,62
Al_2O_3	3,51	19,61	—	2,09
Fe_2O_3	2,39	3,86	—	—
FeO	7,35	—	Spur	8,13
MnO	Spur	—	—	—
CaO	21,24	36,14	47,41	24,35
MgO	12,61	1,22	Spur	12,07
K_2O	Spur	—	—	—
Na_2O	1,44	—	—	—
Glühverl.	nicht best.	0,24	0,71	nicht bestimmt
	99,07	99,64	99,57	99,26

Ref.: H. Traube.

28. H. Traube (in Berlin): **Pyrargyrit von Kajánel in Siebenbürgen** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, 1, 286). — Der auch von Benkö (diese Zeitschr. **19**, 199) kurz angeführte Pyrargyrit findet sich in Gängen in Andesiten und Daciten des Kajánel-Thales am Südrande des siebenbürgischen Erzgebirges, im Mala-Gebirge N von Boicza und NW von Nagyág. Die Gänge enthalten neben rothem Thon, Quarz und Calcit ausser P. noch gediegen Gold, Silber, Argentit, Tetraëdrit, Blende, Pyrit (goldhaltig), Baryt, als grosse Seltenheit Kerargyrit. P. kommt auch in den Gängen von Herczegány im Magura-Boiczi-Gebirge, von Szelistye im Draika-Gebirge und von Kristyor W von Zalathna vor. Die schwärzlich bleigrauen, höchstens millimetergrossen Pyrargyritkryställchen, welche stets mit einem Ende auf hornsteinartigem Quarz aufgewachsen sind, finden sich in Begleitung von Pyrit, Markasit und Blende und zeigen die Formen {11$\bar{2}$0}, {10$\bar{1}$0}, {01$\bar{1}$8}, {01$\bar{1}$2}, {03$\bar{3}$2}, {21$\bar{5}$4}, {31$\bar{4}$2}, {15$\bar{6}$2}. Es wurden folgende Combinationen beobachtet: 1) {11$\bar{2}$0}, {01$\bar{1}$2}. 2) {11$\bar{2}$0}, {10$\bar{1}$0}, {01$\bar{1}$8}. 3) {11$\bar{2}$0}, {01$\bar{1}$2}, {03$\bar{3}$2}. 4) {11$\bar{2}$0}, {21$\bar{5}$4}. 5) {11$\bar{2}$0}, {15$\bar{6}$2}, {31$\bar{4}$2}, {01$\bar{1}$2}. Die Flächen in der Endigung sind meist stark gestreift und gekrümmt. Hemimorphe Ausbildung konnte einmal andeutungsweise beobachtet werden. Die

Krystalle waren vielfach durcheinander gewachsen, Zwillingsbildung konnte aber mit Sicherheit nicht nachgewiesen werden. Auch wurde spärlich Proustit angetroffen. Die chemische Analyse des Pyrargyrits ergab: 60,45 *Ag*, 20,66 *Sb*, 1,02 *As*. Spec. Gew. = 5,76.

Die unvollkommene Flächenbeschaffenheit rührt hiernach von dem beigemengten Arsen her, wie dies zuerst von Miers und Prior (diese Zeitschr. **15**, 133) am P. festgestellt worden ist.

Ref.: H. Traube.

29. L. J. Igelström (in Sunnemo, Wermland): **Mineralogische Mittheilungen aus Schweden** (Ebenda, 248).

1) Ueber ein neues zu der Gruppe des Olivin, und zwar zum Knebelit gehöriges Mineral: Talkknebelit von der Eisengrube Hilläng, Kirchspiel Ludvika, Gouv. Dalekarlien.

Das neue Mineral gleicht sehr dem Eisenknebelit, unterscheidet sich von ihm aber durch viel lichtere Färbung und weissgraulichen, in's perlmutterartige schimmernden Glanz; es umschliesst stets ziemlich reichlich kleine rothe Granatkörner, die dem Eisenknebelit völlig fehlen, sowie mikroskopischen Magnetit. Beide Knebelitarten finden sich in grosser Menge auf der Grube Hilläng, der Eisenknebelit ist jedoch häufiger, er bildet ganze Halden. Die Analyse ergab nach Abzug des Granats:

SiO_2	31,1
FeO	42,6
MnO	21,6
MgO	4,7
	100,0

Der Gehalt an Magnesia ist jedenfalls zu niedrig, der an Eisen zu hoch ausgefallen, da sich das Analysenmaterial nicht frei von Granat und Magnetit herstellen liess. Der wahre Magnesiagehalt wird wahrscheinlich 6—8 % betragen. Ein Versuch, dessen Zuverlässigkeit Verf. selbst anzweifelt, die Menge des Magnetits zu bestimmen, ergab 8,2 %. [Sind dem Analysenmateriale thatsächlich Granat und Magnetit beigemengt gewesen, so müssten die Fehler auch auf die übrigen Bestandtheile in der Analyse vertheilt werden. D. Ref.]

2) Ferrostibian, ein neues Mineral von der Sjögrube.

Das Mineral findet sich in schwarzen, halbmetallisch glänzenden, wahrscheinlich monosymmetrischen Krystallen {001}, {100}, {010} (Messungen sind nicht angegeben), eingewachsen in blätterigem Rhodonit. In grossen Stücken ist es undurchsichtig, Strich braunschwarz mit einem Stiche in's Blassrothe, Spaltbarkeit nach zwei oder drei Richtungen vorhanden, Bruch körnig, schwach magnetisch, H. = 4. Im Dünnschliffe wird es blutroth durchscheinend, umschliesst mikroskopischen Calcit und Tephroit. Grosse Krystalle von F. enthalten bisweilen Rhodonit und Manganophyll in ansehnlichen Partien. Die Analyse ergab:

Unauflösliches, hauptsächlich	SiO_2	2,24
	$MgCO_3$, $CaCO_3$	2,14
	Sb_2O_5	14,80
	FeO	22,60
	MnO	46,97
	H_2O	10,34
		99,09

Hieraus leitet sich die Formel ab: $(10RO.Sb_2O_5) + 10(RO.H_2O)$; $RO = FeO$, MnO. Es gelang nicht festzustellen, ob *Mn* und *Fe* als Oxyd oder Oxydul vorhanden sind; wahrscheinlich ist *Fe* zum grössten Theile als Oxydul zugegen, da sich das Mineral beim Erhitzen schwärzt. Nach dem Verhalten gegen Schwefelwasserstoff muss *Sb* als Sb_2O_5 angenommen werden. (Die Endigung in dem Namen Ferrostibian soll darauf hindeuten, dass *Sb* als Sb_2O_5 und nicht als Sb_2O_3 vorhanden ist.) Das Mineral löst sich weder in Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure vollkommen. Nur wenn man es mit Salzsäure in der Wärme digerirt und den Rückstand mit Kalium-Natriumcarbonat schmilzt, geht es mit Salzsäure bis auf eine geringe Menge von SiO_2, Sb_2O_5, Fe_2O_3, Mn_2O_3 (2,24 %) in Lösung. Vor dem Löthrohre schmilzt der F. nur an den feinsten Kanten und Ecken zu einer schwarzen, magnetischen Kugel, mit Soda auf Kohle giebt er im Reductionsfeuer einen starken Antimonbeschlag, löst sich in Boraxglas mit gelber Eisenoxydfarbe auf, in Phosphorsalz wird SiO_2 undeutlich ausgeschieden.

3) Pleurastit, ein neues wasserhaltiges Arseniat von der Sjögrube.

Das Mineral findet sich ziemlich selten neben dem Arseniopleït (daher der Name von πλευράς an der Seite) in bis centimeterstarken, scharf abgegrenzten Bändern und gleicht sehr dem Jacobsit, Hausmannit oder Magnetit. Es ist blauschwarz, undurchsichtig, im Dünnschliffe schwach blassroth mit zerstreuten schwarzen Körnern, Bruch muschelig, schwach magnetisch, H. = 4, halbmetallischer Glanz, Strich schwarz mit einem Stich in's Röthliche. Der P. wurde bisher nur qualitativ untersucht und scheint hiernach ein wasserhaltiges Arseniat von Manganoxydul mit einem hohen Gehalte an Eisenoxydul und geringem an Arsen zu sein. In verdünnter Salzsäure ist er leicht löslich; auf Kohle schmilzt er leicht zu einer schwarzen, metallischen Kugel, an der Luft geglüht wird es russschwarz.

4) Stibiatil, ein neues Antimoniat von der Sjögrube.

Das Mineral findet sich stets eingewachsen im Polyarsenit in 5—8 mm grossen, wahrscheinlich monosymmetrischen Prismen. Es wurde besonders an Stufen beobachtet, welche neben weissgrauem Tephroit, Calcit ein schwach metallisch glänzendes, noch nicht näher untersuchtes Mineral enthalten. Auch in der Hausmanniterzmasse der Sjögrube kommt der St. vor. In seinem Aeusseren gleicht er sehr dem Hausmannit, Magnetit oder Jacobsit, ist aber schwärzer und auch unter dem Mikroskope völlig undurchsichtig. Strich schwarz, etwas in's Braune neigend, Härte wie Jacobsit, Bruch körnig; er enthält bisweilen, wie die mikroskopische Untersuchung erkennen lässt, lamellare, undurchsichtige, schwarze Massen. [Wie bei der »völligen Undurchsichtigkeit des St. auch unter dem Mikroskope« eine Erkennung dieser schwarzen Masse möglich wird, müsste wohl näher angegeben werden. D. Ref.] Der St. schmilzt nicht vor dem Löthrohre, er sintert höchstens oberflächlich zu einer schwarzen Schlacke zusammen. Wegen der Schwierigkeit, das Analysenmaterial von beigemengtem Polyarsenit frei zu erhalten, konnte bis jetzt nur eine approximative Analyse ausgeführt werden: FeO 26, Mn_2O_3 44, $Sb_2O_5 + H_2O$ 30 %.

Hiernach scheint der St. ein wasserhaltiges Antimoniat von Manganoxyd (vielleicht auch Oxydul) und Eisenoxydul zu sein, in welchem das Eisen in der grössten bis jetzt bekannten Menge vorhanden ist. Das Mineral ist in Salzsäure leicht mit gelber Farbe löslich.

5) Neotesit (früher vom Verf. Epigenit genannt, s. diese Zeitschr. **19**, 108), ein neues Mineral von der Sjögrube.

Der N. findet sich zusammen mit Tephroit, Pyrrhoarsenit und Magnesiumhaltigem Calcit in mehreren centimeterbreiten Adern im Hausmanniterz, und zwar ist er eingewachsen im Tephroit in Gestalt mehrerer centimetergrosser, lamellarer Klumpen. Das Mineral ähnelt durch seine braunrothe Farbe in mancher Hinsicht Orthoklas oder blätterigem Rhodonit, es besitzt deutliche Spaltbarkeit, Härte = 5—5,5. Die Analyse ergab:

SiO_2	29,50	
MnO	40,60	
FeO	Spur	
MgO	20,05	
H_2O	9,85	bei einem Glühverluste von 8,8 %
	100,00	

Hieraus ergiebt sich die Formel $(2RO.SiO_2) + H_2O$, wo $RO = MnO$ und MgO ist. Der N. löst sich in concentrirter Schwefelsäure und Salzsäure unter Abscheidung flockiger Kieselsäure, jedoch ohne zu gelatiniren. Nach dem Glühen wird er schwer oder ganz unlöslich in Säuren und schwarzbraun. Vor dem Löthrohre schmilzt er zu einer schwarzen Kugel; unter dem Mikroskope erscheint er völlig rein. Verf. ist nicht geneigt das neue Mineral als wasserhaltigen Tephroit aufzufassen, er hält es vielmehr für ursprünglich (daher der Name von νεοτήσιος jugendlich), da es nicht wie der Tephroit mit Säuren gelatinirt und die vom Verf. bisher beobachteten wasserhaltigen Zersetzungsproducte des Tephroits alle amorph sind.

6) Jacobsit und Braunit auf einer in Schweden neu entdeckten Lagerstätte bei Glakärn, »Glakärnsgrufvan«, Kirchspiel Linde, Gouv. Örebro.

Während der Jacobsit in den Gruben Långban und Nordmark in Wermland und Sjögrufvan (diese Zeitschr. **14**, 628) nur ein unwesentlicher, dem Hausmannit beigemengter Bestandtheil ist, bildet er hier ein Erzlager für sich, das Braunit mit Calcit eingesprengt enthält. Hausmannit wurde noch nicht beobachtet. Das Erzlager besitzt mehrere Meter Mächtigkeit bei einer Länge von 50 oder 100 m. Es liegt unmittelbar auf Granulit. Von anderen Mineralien wurden noch angetroffen Rhodonit, Mangan-haltiger, gelber Granat u. s. w. Der Jacobsit findet sich dicht eingesprengt in Körnern, auch ganz rein ausgeschieden in mehreren Centimeter breiten Adern und Klumpen, er ist schwarz, sehr Magnetit-ähnlich, mit braunschwarzem Strich, stark magnetisch. Das ganze Erzlager bei Gläkarn attrahirt die Magnetnadel ebenso wie ein reines Magnetitlager. Die Analyse des J. ergab:

	1.	2.
Fe_2O_3	57,55	60,57
MnO mit etwas Mn_2O_3	36,74	38,67
MgO	0,72	0,76
in HCl Unlösliches	6,02	—
	101,03	100,00

2. stellt die auf reine Substanz berechnete Zusammensetzung dar. Verf. schreibt die Formel des Jacobsits, da er wegen seiner magnetischen Eigenschaften annimmt, dass ein Theil des Eisens als Oxydul vorhanden ist:

$$x\, Mn_3O_4 \,.\, y\, Fe_3O_4 \,.\, z\, Mn(Fe)_2O_4 \,.$$

Der Braunit gleicht vollkommen dem von der Sjögrube.

Ref.: H. Traube.

30. F. Rinne (in Berlin): **Ueber Mikroklinstructur** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, **2**, 67). — Verf. hatte Gelegenheit, die zuerst von J. Lehmann (Jahresb. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Cult. 1886, **63**, 92; 1887, **64**, 119) beobachtete Entstehung der Mikroklinstructur durch Druckwirkung an Feldspäthen aus dem Stockholmgranit im Kirchspiel Wermdö und aus dem Gneiss der Rothenburg O des Kyffhäusers zu bestätigen.

Ref.: H. Traube.

31. C. Rammelsberg (in Berlin): **Sigterit, ein neuer Feldspath** (Ebenda 71).

C. A. Tenne (in Berlin): **Ueber den Sigterit Rammelsberg's und über den Albit von Sigterö*) bei Brevig** (Ebenda 1891, **2**, 206). — Die von den Verff. zuerst als ein neuer Feldspath gedeutete und Sigterit genannte, mit Eudialyt (diese Zeitschr. **13**, 637) und Albit verwachsene Substanz, welche auf Sigterö bei Brevig vorkommt, erweist sich nach neuen Untersuchungen Tenne's nicht als ein einheitliches Mineral, sondern ist ein inniges Gemenge von Albit und Eläolith im Verhältniss 1 : 2. Unter 1. ist das Mittel von fünf von Rammelsberg mitgetheilten Analysen dieses Gemenges, unter 2. die auf eine Mischung von 1 Th. Albit und 2 Th. Eläolith berechnete Zusammensetzung, unter 3. die Analyse des Albits angegeben:

	1.	2.	3.
SiO_2	49,93	52,87	68,30
Al_2O_3	30,78	29,48	19,30
Fe_2O_3			—
CaO	0,80	0,33	0,30
Na_2O	13,36	14,27	8,72
K_2O	4,24	3,08	3,52
Glühverlust	—	—	0,13
	99,11	100,03	100,27
Spec. Gew.	2,6—2,622		2,619

Nach der mikroskopischen Untersuchung scheint der Albit (3.) sich aus zwei verschiedenen Feldspäthen, aus Albit und aus einem zwischen Oligoklas und Andesin stehenden Plagioklase, zusammenzusetzen.

Ref.: H. Traube.

32. B. Brunnée (in Firma Voigt & Hochgesang in Göttingen): **Neuer Erhitzungsapparat für mineralogische Untersuchungen** (Ebenda 1890, **2**, 87; auch Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1890, 63). — Der Apparat, welcher leicht jedem Mikroskope angepasst werden kann, dient dazu, feste Präparate oder Flüssigkeiten schnell auf hohe Temperaturen (bis 360°) zu erhitzen. Da die Flamme hierbei direct unter dem Objectträger brennt, so kann auch während der Erhöhung im polarisirten Lichte beobachtet werden. Der Apparat ist folgendermassen eingerichtet. Der Objecttisch hat unten einen vielfach durchbohrten Ansatz; um seinen untersten conisch geformten Theil ist ein drehbarer Arm gelegt, welcher zwei Kanäle für Gas- und Luftzufuhr enthält. Der eine Kanal ist mit einem Gebläse verbunden, durch welches eine rasche Abkühlung hervorgerufen werden kann. Der Apparat wird in der Weise an das Mikroskop angefügt, dass nur das den drehbaren Arm tragende Schraubstück den Bewegungen des Objecttisches

*) Die Verf. schreiben »Sigterö«, der Name der kleinen Insel lautet richtig »Siglesö«. Vergl. diese Zeitschr. **16**, Tafel 29. D. Red.

folgt, während der Arm selbst mit den Zuführungskanälen stehen bleibt. Zu dem Apparate gehört noch eine an den Objecttisch zu befestigende, aus zwei Theilen bestehende Trommel. Der untere Theil enthält das Thermometer, der obere stellt einen Ring dar, welcher durch einen seitlich der Oeffnung im Objecttische angebrachten Hebel bei Seite geschoben werden kann und der das zu untersuchende Präparat trägt.

Ref.: H. Traube.

33. O. Mügge (in Münster): **Ein neuer Orthoklaszwilling aus dem Fichtelgebirge** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, **2**, 88). — Verf. hat für die von W. Müller (diese Zeitschr. **17**, 484) beschriebenen Orthoklaszwillinge aus dem Fichtelgebirge die Zwillingsaxen berechnet und hierbei rationale Werthe erhalten. Für den ersten nach der Halbirungsebene des stumpfen Winkels der Klinopinakoide der beiden Individuen symmetrischen Zwilling ergiebt sich als Zwillingsaxe die Kante (340):(001) = [$\bar{1}$30], welche (nach den Winkelangaben in Des Cloizeaux' Manuel d. Min. berechnet) zu $\grave{a}$ unter 63° 51½' (gemessen 63° 54½') neigt. Für die zweite Verwachsung ist die Kante (130):(001) = [$\bar{1}$30] Zwillingsaxe, deren Neigung zu $\grave{a}$ 26° 59½' (gemessen 26° 5½') beträgt; die grosse Differenz zwischen dem berechneten und gemessenen Winkel beruht hierbei auf dem Umstande, dass die Winkelmessungen an mit Deckgläschen bedeckten Flächen vorgenommen wurden.

Ref.: H. Traube.

34. W. Müller (in Charlottenburg bei Berlin): **Pseudomorphose von Limonit nach Pyrit von Rockbridge Co. in Virginia mit vorherrschendem Ikositetraëder** (Ebenda, 199). — Verf. beschreibt eine Pseudomorphose von Limonit nach Pyrit, {211} vorherrschend und {100} untergeordnet. Nur die den Würfelflächen zunächst liegenden Theile der Ikositetraëderflächen sind glattflächig, während parallel den 24 zu trigonalen Ecken zusammenstossenden Kanten eine Streifung auftritt, welche den Anschein erweckt, als ob diese Kanten durch {233} abgestumpft würden.

Ref.: H. Traube.

35. L. Darapsky (in Taltal, Chile): **Castanit** (Ebenda, 267). — Dieses neue Sulfat findet sich wie Hohmannit und Amarantit (s. die S. 147 ref. Abhandl. d. Verf.) auf olivengrünem, krystallinischem Copiapit in grossen, kastanienbraunen, glasglänzenden, wahrscheinlich monosymmetrischen Krystallen bei Sierra Gorda im Innern von Antofagasta. Es umschliesst häufig Barytkrystalle, sein Strich ist orange, H. = 3, spec. Gew. = 2,18. An der Luft, im Wasser und über Chlorcalcium bleiben Farbe und Glanz des Castanit im Gegensatze zum Hohmannit unverändert. In Wasser sind die Krystalle unlöslich, das Pulver giebt jedoch Schwefelsäure ab. Von Salzsäure wird das Mineral in der Kälte wenig, in der Wärme vollständig gelöst. Die Analyse ergab:

		Berechnet:
SO_3	33,80	34,58
Fe_2O_3	33,92	34,58
Al_2O_3	Spur	—
H_2O	30,76	30,84
Baryt	1,15	—
	99,63	100,00

entsprechend der Formel $Fe_2O_3 . 2SO_3 + 8H_2O$. Vom Amarantit ist der Castanit nur durch den Wassergehalt (1 Mol. weniger) verschieden. Bei 80° verliert der C. 2½ Mol., bei 100° 3, bei 145° 4, bei 170° 5½ Mol. Wasser.

Ref.: H. Traube.

36. F. von Sandberger (in Würzburg): **Zinnhaltiges Magneteisen vom Büchig bei Hirschberg a. Saale (Oberfranken)** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, **2**, 269). — In feinkörnigem Skapolith findet sich Magnetit in linsengrossen Häufchen, selten in deutlichen Oktaëdern. Die Analyse des M. liess ausser MnO und MgO auch die Anwesenheit von Zinn erkennen; ob dieses als Oxydul oder Oxyd vorhanden ist, konnte nicht festgestellt werden.

Ref.: H. Traube.

37. L. J. Igelström (in Sunnemo, Wermland, Schweden): **Violan und Anthochroit identisch (?)** (Ebenda, 270). — Verf. hält Violan (s. Schluttig, diese Zeitschr. **13**, 74) und Anthochroit (diese Zeitschr. **20**, 103) wegen ihrer sehr übereinstimmenden chemischen Zusammensetzung für identisch, obwohl sie nach Bertrand in ihren optischen Eigenschaften von einander abweichen. Er schlägt für beide Mineralien den Namen Anthochroit vor.

Ref.: H. Traube.

38. P. Dahms (in Greifswald): **Mineralanalysen** (aus: Ueber einige Eruptivgesteine aus Transvaal in Süd-Afrika. Ebenda, 1890, Beil.-Bd. **7**, 90). — Verf. analysirte aus einem Gabbro von den Zwartkoppies in der Gegend von Pretoria und Rustenburg in Transvaal, Süd-Afrika, 1) Plagioklas, 2) Diallag, 3) aus dem Diallag entstandenen Uralit:

	1.	2.	3.
SiO_2	49,96	53,53	52,73
Al_2O_3	32,33	3,12	4,70
Fe_2O_3	0,48	5,09	5,26
FeO	—	13,54	10,21
CaO	13,90	6,19	12,58
MgO	0,26	18,77	12,59
Na_2O	2,52	0,57	0,23
K_2O	1,20	0,20	0,06
H_2O	—	—	1,54
	100,65	101,01	99,90
Spec. Gew.	2,720—2,723	3,31	3,038

Der Plagioklas (1) entspricht einer Mischung von 2,45 Mol. Anorthit und 1,0 Mol. Albit, gehört also zur Bytownit-Reihe.

Die Analyse des Diallags (2) führt auf: $1 Na_2O . Fe_2O_3 . 4SiO_2$, $1 MgO . Al_2O_3 . SiO_2$, $2 MgO . (Al . Fe)_2O_3 . 4SiO_2$, $19 (Mg\,Ca\,Fe) O . SiO_2$.

Bei der Umwandlung des Diallags in Uralit (3) hat, abgesehen von der Wasseraufnahme, Kalk und Magnesia um je 6 % zugenommen, das Eisenoxydul um 3 % abgenommen. Zur Berechnung der Analyse des Uralits genügt das bisher für die Hornblende angenommene Silicat nicht, sondern es muss eine kieselsäurereichere Verbindung vorausgesetzt werden. In diesem, sowie in noch drei anderen in die Berechnung hineingezogenen Uraliten herrscht das Strahlsteinmolekül $(MgCaFe)O . SiO_2$ stark vor.

Ref.: H. Traube.

39. E. Weinschenk (in Greifswald): **Mineralanalyse** (aus: »Beiträge zur Petrographie Japans«. N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, Beil.-Bd. 7, 134). — Verf. analysirte einen Bronzit aus einem Bronzitgesteine (Augit-Andesitklingstein) von Ikomasan, Prov. Sanuki, Insel Shikoku:

SiO_2	54,68
Al_2O_3	1,93
FeO	12,59
MgO	25,83
CaO	2,99
	98,02

Ref.: H. Traube.

40. H. Traube (in Berlin): **Ueber den Molybdängehalt des Scheelits und die Trennung der Wolframsäure von der Molybdänsäure** (Ebenda, 232). — Verf. stellte durch Analysen an zwölf verschiedenen Vorkommnissen fest, dass der Scheelit stets Molybdänsäure enthalte, von geringen Spuren an bis über 8 %. Ausser im Scheelit ist die Molybdänsäure auch in allen Wolframpräparaten des Handels übersehen worden, es enthielt beispielsweise »reine Wolframsäure« (wahrscheinlich aus Wolframit dargestellt) 9,88 % MoO_2. Die quantitative Trennung der Molybdänsäure von der Wolframsäure wurde im Allgemeinen nach der Vorschrift von H. Rose (Handb. d. analyt. Chem., 6. Aufl., 2, 358) ausgeführt. Der höchst fein zerriebene Scheelit wird mittelst Salpetersäure zersetzt, zur Trockne eingedampft, einer Temperatur von 120° C. ausgesetzt und dann mit Wasser, welches durch Salzsäure schwach angesäuert ist, behandelt; hierbei bleibt alle Wolframsäure und der grösste Theil der Molybdänsäure ungelöst. Das Gemenge beider Säuren wird auf's Filter gebracht und mit heissem, mit Salzsäure angesäuertem Wasser ausgewaschen. Da die Molybdänsäure im Gegensatze zur Wolframsäure in Wasser nicht ganz unlöslich ist, so befindet sich im Filtrat stets eine geringe Menge derselben, welche mit Schwefelwasserstoff niedergeschlagen wird. Der Kalk wird in bekannter Weise bestimmt. Das ungelöste Gemenge von Wolframsäure und Molybdänsäure wird auf dem Filter in heissem Ammoniak gelöst, der Lösung Weinsäure und Salzsäure im Ueberschusse zugesetzt und die Molybdänsäure mit Schwefelwasserstoff ausgefällt. Diese Ausfällung des Molybdäns gelingt in heisser Lösung (bei Gegenwart von mehr Wolframsäure) sehr leicht, während es nach der Vorschrift von Rose sehr schwer ist, beide Säuren in der Kälte von einander zu trennen. Das Einleiten von Schwefelwasserstoff darf nicht zu lange fortgesetzt werden, da sonst etwas Schwefelmolybdän in Lösung geht. Um die in Lösung befindliche Wolframsäure zu bestimmen, wird die Lösung auf ein möglichst kleines Volumen oder besser zur Trockne eingedampft und die Weinsäure durch rauchende Salpetersäure zerstört, wobei die Wolframsäure ausfällt. Dieses Verfahren ist bequemer, als das bisher übliche, die Weinsäure bei Zutritt der Luft zu glühen und, falls die Kohle der Weinsäure nicht zerstört werden kann, sie mit kohlensaurem und etwas salpetersaurem Alkali zu schmelzen, die Schmelze in Wasser aufzulösen und die Wolframsäure durch salpetersaures Quecksilberoxydul auszufällen. Wird die so behandelte Wolframsäure zum zweiten Male in derselben Weise untersucht, so sind immer noch Spuren von Molybdänsäure in ihr nachzuweisen.

Es wurde analysirt:

1) Scheelit von Zinnwald.

1a) Rothbraune Krystalle {101} vorherrschend, untergeordnet {111}.
1b) Hellbraune Krystalle {101}, bisweilen {111}.
1c) Hellgelblich durchscheinende Krystalle {101}, {111}.
1d) Hellgelblich braune, sehr unvollkommen ausgebildete Krystalle {101}.
1e) Graulichweisse bis hellgelblichgraue, derbe Massen, zuweilen deutliche Krystallflächen.

2) Scheelit von Altenberg, graulichweisse, trübe Krystalle {101}, bisweilen auch {111}.

	1a.	1b.	1c.	1d.	1e.	2.
WO_3	71,08	75,29	76,78	77,84	78,04	77,54
MoO_3	8,23	3,98	3,69	2,23	1,92	2,03
CaO	20,33	20,34	19,86	19,84	19,57	19,91
	99,64	99,61	100,33	99,55	99,53	99,48
Spec. Gew.	5,88	6,03	6,01	6,03	6,06	6,07

1a. entspricht einer Mischung von 8 Mol. $CaWO_4$ und 1 Mol. $CaMoO_4$, 1b. und 1c. einer solchen von 20 Mol. $CaWO_3$ und 1 Mol. $CaMoO_4$, 1d., 1e. und 2. einer solchen von 40 Mol. $CaWO_4$ und 1 Mol. $CaMoO_4$.

3) Scheelit vom Fürstenberge bei Schwarzenberg in Sachsen, Krystalle der Comb. {101}, {102}, bisweilen {111}, {311}, sie bestehen aus einem weissen, etwas durchscheinenden, oktaëdrischen Kerne (3a.), der von einer millimeterdicken, gelbbraunen Schaale (3b.) bedeckt wird.

4) Scheelit von Neudorf im Harz.
4a) Hellgelbliche, weisse Kryställchen {101}.
4b) Röthlichgelbe bis röthlichbraune Krystalle {101}, {111}, {311}.
Beide Varietäten enthalten deutliche Mengen von Molybdän, das aus Mangel an Material nicht genauer bestimmt werden konnte.

5) Scheelit von Schlaggenwald in Böhmen, graulichweisse bis schneeweisse krystallinische Massen.

6) Scheelit aus dem Riesengrunde bei Gross-Aupa in Böhmen, hellgelblichbraune bis fast schneeweisse Krystalle, die deutliche Spuren von Molybdän erkennen lassen.

7) Scheelit vom Rothlauibach bei Guttannen im Haslithal (Schweiz). Unvollkommen ausgebildeter, 2 cm grosser, äusserlich durch Eisenoxyd schwach röthlicher, im Innern fast wasserheller Krystall.

8) Scheelit von Traversella.
8a) Gelblichgrauer, etwas durchscheinender, 3 cm grosser, loser Krystall {111} mit Chalkopyrit.
8b) Honiggelber, durchscheinender, 2 cm grosser Krystall {111} in weissen Kalk eingewachsen.

	3a.	3b.	5.	7.		8a.	8b.
WO_3	79,94	80,17	79,76	80,16		78,57	79,68
MoO_3	Spur	0,07 ungef.	Spur	Spur		1,62	0,76
CaO	19,57	19,49	19,67	19,65		19,37	19,29
MgO	Spur	Spur	—	—	Ce, Di, La	Spur	Spur
	99,51	99,83	99,43	99,81		99,56	99,73
Spec. Gew.	6,12	6,02	6,13	6,14		6,06	6,04

Das spec. Gew. von 3a. und 3b. ist von Frenzel (Mineralog. Lexic. f. d. Königr. Sachsen, S. 284) bestimmt, der geringe Molybdängehalt in 3b. kann diesen Unterschied im spec. Gew. nicht veranlassen.

9) Scheelit von Carrock Fall, Cumberland, gelblichweisse bis weisse, derbe Massen.

10a) und b) Scheelit von der Pot-Mine, Südwest-Afrika, stark fett- bis diamantglänzende, derbe, etwas durchscheinende Massen, auf Spalten sehr häufig mit dünnen Ueberzügen von bläulichgrünem Cuproscheelit (Gührich, diese Zeitschr. **21**, 150).

11) Scheelit vom Mount Ramsay, Tasmanien, schwach gelblichweisse, durchscheinende, stark glänzende, krystallinische Massen.

12) Scheelit von Neu-Seeland, schneeweisse, undurchsichtige, glanzlose bis mattglänzende, derbe Massen.

	9.	10a.	10b.	11.	12.
WO_3	79,97	70,56	71,59	79,77	80,29
MoO_3	0,35	8,09	7,63	Spur	Spur
CaO	19,27	20,05	20,51	19,65	19,44
CuO	—	0,34	—	—	—
	99,51	99,13	99,53	99,42	99,73
Spec. Gew.	6,01	5,96		6,09	6,01

10. entspricht einer Mischung von 8 Mol. $CaWO_4$ und 1 Mol. $CaMoO_4$.

Aus den Analysen geht hervor, dass die weissen und hellgelblichen Scheelite am wenigsten Molybdän, die dunkel gefärbten am meisten davon enthalten.

Die bisher am Scheelit beobachteten grossen Winkelschwankungen (Bauer, württ. naturw. Jahresh. 1871, 8) sind hiernach durch den wechselnden Gehalt an molybdänsaurem Kalk veranlasst. Eine Messung an sehr vollkommenen Krystallen der molybdänarmen Vorkommnisse von Schwarzenberg und vom Riesengrunde ergab eine völlige Uebereinstimmung der Winkel. Aus den Messungen wurde das Axenverhältniss $a:c = 1:1,5315$ gegen Dauber $1:1,5355$ (s. v. Zepharovich, diese Zeitschr. **13**, 88) berechnet. Die wichtigsten Winkel des Scheelits für dieses Axenverhältniss berechnet sind:

$$(111):(1\bar{1}1) = 79^0 53'$$
$$(111):(11\bar{1}) = 49\ 34$$
$$(101):(011) = 72\ 36\tfrac{1}{2}$$
$$(101):(10\bar{1}) = 66\ 17\tfrac{1}{4}$$

Je grösser der Molybdängehalt im Scheelit ist, desto mehr nähert sich sein Axenverhältniss dem des molybdänsauren Kalkes $a:c = 1:1,54575$ (bestimmt von Th. Hiortdahl, diese Zeitschr. **12**, 413). [Der inzwischen von W. H. Melville (Sill. J. 1890 (3), **41**, 138) aufgefundene Powellit mit 58,58 MoO_3 und 10,28 WO_3 und einem Axenverhältnisse $a:c = 1:1,5445$ bildet demnach ein interessantes Glied in der Reihe der isomorphen Mischungen des wolfram- und molybdänsauren Kalkes.]

Ref.: H. Traube.

41. M. Gouy (in Lyon): **Ueber die gleichzeitige Wirkung von Doppelbrechung und Drehung der Polarisationsebene** (Journ. d. phys. Par. 1885 (2), 149). — Die Veränderungen, die eine Lichtbewegung erleidet, wenn sie ein ·dium durchläuft, welches zugleich Doppelbrechung und Rotationspolarisation

besitzt, werden von dem Verf. unter der nächstliegenden Hypothese behandelt, dass die beiden Wirkungen sich einfach superponiren. Die Doppelbrechung würde für sich in jedem Momente eine unendlich kleine Veränderung der Lichtbewegung hervorbringen, die Rotationspolarisation ebenso; die algebraische Summe dieser Wirkungen wird als die thatsächliche Wirkung der gleichzeitigen Existenz beider Einflüsse betrachtet.

Es sei eine von zwei parallelen Ebenen begrenzte doppeltbrechende Platte gegeben, auf welche ein Lichtstrahl normal auffällt. Der Allgemeinheit halber sei das eintretende Licht elliptisch polarisirt und es sei m das Amplitudenverhältniss, $\psi - \chi$ die Phasendifferenz der beiden die Ellipse erzeugenden geradlinigen Schwingungen. Die Hauptaxen in der Platte seien die Coordinatenaxen der x und y, und es seien V_x und V_y die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der nach diesen Richtungen polarisirten Strahlen. Dann wird im Abstand l von der Eintrittsfläche die Ellipse ein Axenverhältniss k haben und die grosse Axe wird mit der x-Axe einen Winkel α bilden, welcher ausser von den Eintrittsamplituden und Phasen und den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten nur von l abhängen wird. Beim Fortschreiten der Lichtbewegung im Krystalle ändern sich α und k. Bezeichnet T die Periode der Lichtbewegung und setzt man $\varphi = \frac{1}{T}\left(\frac{1}{V_x} - \frac{1}{V_y}\right)$, so sind beim Fortschreiten um die Strecke $d\,l$ im Krystalle die Aenderungen von α und k

$$\frac{d\alpha}{d\,l} = 2\pi\varphi\,\frac{m}{m^2 - 1}\cos^2 2\alpha \sin 2\pi u\,,$$

$$\frac{d\,k}{d\,l} = H\varphi \cos 2\pi u = H\varphi\,\frac{m^2 - 1}{2\,m}\,\mathrm{tang}\,2\alpha\,,$$

wo $u = \psi - \chi + l\varphi$ und H eine von Null verschiedene Grösse ist. Die Aenderung der Lichtbewegung besteht also 1) in einer Rotation der Axen um $\frac{d\alpha}{d\,l}\,d\,l$, 2) in einer Deformation der Ellipse um $\frac{d\,k}{d\,l}\,d\,l$.

Wenn zweitens eine solche elliptische Lichtbewegung durch eine Platte geht, welche nur Drehung besitzt, so wird die Form der Ellipse beim Fortschreiten nicht geändert, aber die Axen drehen sich und es ist $\frac{d\alpha}{d\,l} = \omega$, wo ω der Drehungswinkel der Substanz für die Dicke 1 ist.

Tritt nun Doppelbrechung und Drehung zusammen auf, so wird die Ellipse eine Deformation erleiden $\frac{d\,k}{d\,l}\,d\,l$ und eine Drehung um $(\alpha' + \omega)\,d\,l$, wo α' der zuerst angegebene Werth von $\frac{d\alpha}{d\,l}$ ist.

Es giebt nun zwei elliptische Schwingungen von solcher Form, Orientirung und solchem Drehungssinne, dass sie keine Deformation beim Durchgange durch die Substanz erleiden. Diese nennt der Verf. privilegirte Schwingungen. Die Bedingung für sie ist $\frac{d\,k}{d\,l} = 0$. Diese erfordert in Folge der angeführten Gleichungen, dass 1) die eintretenden Schwingungen ihre Ellipsenaxen parallel den Coordinatenaxen haben, 2) dass das Axenverhältniss ist

$$k = -h + \sqrt{1 + h^2},$$

wo $h = \frac{\pi \varphi}{\omega}$ ist, also von dem Verhältnisse der Gangdifferenz φ in Folge der Doppelbrechung und der Gangdifferenz $\frac{\omega}{\pi}$ circularer Strahlen in Folge der Drehung abhängt. Die beiden Ellipsen werden in entgegengesetztem Sinne durchlaufen. Eine eintretende Schwingung, welche Form und Orientation einer privilegirten hat, geht also ohne Aenderung durch die Substanz hindurch. **Eine eintretende Schwingung von anderer Form kann immer ersetzt werden durch zwei privilegirte Schwingungen, welche sich unabhängig fortpflanzen.** Es kommt also nun darauf an, zu untersuchen, wie gross der Gangunterschied der beiden privilegirten Wellen beim Durchlaufen der Längeneinheit ist. Haben die beiden privilegirten Schwingungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten ν' und ν'', so ist $\delta = \frac{1}{T}\left(\frac{1}{\nu''} - \frac{1}{\nu'}\right)$ der zu suchende Gangunterschied. Diesen findet der Verf. daraus, dass er eine Schwingung nimmt, die im Abstande l geradlinig parallel der x-Axe ist. Ihre Gleichung sei $x = a \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \varphi\right)$. Diese wird in zwei privilegirte elliptische Schwingungen zerlegt. Die erste (rechts herum) hat zwei Componenten in Richtung der x- und y-Axe, deren Phasendifferenz $\frac{1}{4}$ ist, und deren Amplituden $\frac{a}{1+k^2}$ und $\frac{ak}{1+k^2}$ sind. Die zweite (links herum) hat zwei Componenten, deren Phasendifferenz wieder $\frac{1}{4}$ und deren Amplituden $\frac{ak^2}{1+k^2}$ und $\frac{-ak}{1+k^2}$ ist. Zusammen geben sie die geradlinige Schwingung. Nach Durchlaufung des Weges dl haben die ersten beiden Componenten einen Gangunterschied $\frac{dl}{T\nu'}$, die letzten beiden einen Gangunterschied $\frac{dl}{T\nu''}$ bekommen. Sie setzen sich zu einer Geraden zusammen, die mit der x-Axe den Winkel ωdl bildet und es wird

$$\omega = -\frac{2\pi k}{1+k^2}\delta,$$

woraus sich δ ergiebt, der gesuchte Gangunterschied. Es wird

$$\delta = \pm\sqrt{\varphi^2 + \left(\frac{\omega}{\pi}\right)^2}.$$

Der Gangunterschied der beiden privilegirten Ellipsen ist also die geometrische Resultante aus dem Gangunterschiede in Folge der Doppelbrechung und dem Gangunterschiede circularer Strahlen in Folge der Drehung (alle pro Längeneinheit genommen).

Ref.: L. Graetz.

42. M. Monnory (in ?): **Drehungsvermögen und Doppelbrechung** (Journ. d. phys. Par. 1890 (2), 9, 277). — Der Verf. wendet die Gouy'sche Theorie (s. das vorhergehende Referat) an, um die Aufgabe vollständig zu lösen, den Durchgang einer als geradlinige Schwingung (‖ oder ⊥ zum Hauptschnitte) an-

kommenden Lichtbewegung durch eine mit Drehungsvermögen begabte doppeltbrechende Platte zu bestimmen. Wenn die eintretende Schwingung die Gleichung $x = \sin 2\pi \frac{t}{T}$ hat, so wird die austretende Schwingung elliptisch sein und es wird gesucht 1) der Winkel α, welchen die grosse Axe dieser Ellipse mit der x-Axe bildet, 2) das Axenverhältniss K der Ellipse und zwar als Functionen von φ und ω, dem Gangunterschiede in Folge der Doppelbrechung und dem Drehungswinkel, beide pro Längeneinheit genommen. Die nöthigen Formeln ergeben sich direct aus der Gouy'schen Arbeit, oder sind der Hauptsache nach schon in ihr enthalten. Es ergiebt sich als Resultat

$$\operatorname{tang} 2\alpha = \frac{\pi\omega\delta \sin 2\pi\delta}{\pi^2\varphi^2 + \omega^2 \cos 2\pi\delta},$$

$$k^2 = \frac{1 - \sqrt{1-r}}{1 + \sqrt{1-r}},$$

wo $r = \frac{4\omega^2}{\pi^2\delta^2}\left(1 - \frac{\omega^2}{\pi^2\delta^2}\right) \sin^4 \pi\delta$ ist, und δ der in der Gouy'schen Arbeit berechnete Gangunterschied der beiden privilegirten elliptischen Schwingungen ist.

Der Hauptinhalt der Arbeit besteht in der Discussion dieser Formeln.

Zunächst zeigt sich, da δ dasselbe Vorzeichen wie φ hat, und tang 2α von dem Vorzeichen von δ unabhängig ist, dass die Wirkung der Platte unabhängig von dem Zeichen der Doppelbrechung ist.

Die erste Untersuchung bezieht sich auf den Fall, dass die Platte gegebene Doppelbrechung und gegebenes Drehungsvermögen besitzt, dass aber die Dicke der Platte verändert wird. Wenn $\frac{\omega}{\pi\varphi} > 1$ ist, also die Drehung stärker als die Doppelbrechung ist, so dreht sich bei wachsender Dicke die Ellipse immer in demselben Sinne und k wächst von 0 bis $\frac{\pi\varphi}{\omega}$, um dann wieder bis 0 abzunehmen. Wenn dagegen $\frac{\omega}{\pi\varphi} < 1$ ist, also die Doppelbrechung stärker als die Dreung ist, so treten Maxima und Minima der Drehung ein. Wenn die Dicke von 0 an wächst, so dreht sich zunächst die Ellipsenaxe im Sinne der Rotationspolarisation bis zu einem bestimmten Winkel α_m, der sich aus der Gleichung

$$\operatorname{tang} 2\alpha_m = \pm \frac{1}{\sqrt{\frac{\pi^2\varphi^2}{\omega^2} - 1}}$$

ergiebt. Dann dreht sie sich wieder umgekehrt bis zum Winkel 0 und geht nach der entgegengesetzten Seite weiter bis zum Winkel α_m, um dann wieder umzukehren.

Die zweite Untersuchung bezieht sich auf den Fall, dass die Dicke gegeben ist, aber durch irgendwelche Mittel die Doppelbrechung und Drehung der Substanz geändert wird (wie bei den Versuchen von Chauvin und Wedding). Damit die austretende Lichtbewegung circular polarisirt sei, muss $r = 1$ sein, d.h.

$$\varphi^2 + \frac{\omega^2}{\pi^2} = \frac{(2n+1)^2}{8}.$$

Damit sie geradlinig sei, muss

$$\varphi^2 + \frac{\omega^2}{\pi^2} = n^2$$

sein. Man kann bei gegebenem Werthe von ω die Aenderung von α mit variirendem φ graphisch darstellen und dies für verschiedene ω machen. Es ergiebt sich, dass α, falls ω mässige Werthe hat, sehr rasch klein wird, wenn φ wächst, so dass also durch die Doppelbrechung die Drehung scheinbar vernichtet wird. Die Drehung α wechselt dabei periodisch ihren Sinn, was durch die Versuche von Chauvin (s. diese Zeitschr. **19**, 523) bestätigt wird.

Ref.: L. Graetz.

43. J. H. L. Vogt (in Kristiania): **Beiträge zur Kenntniss der Mineralbildung in Schmelzmassen und in den neovulkanischen Ergussgesteinen** (I. Heft: Ueber die Gesetze der Mineralbildung in trockenen Schmelzflüssen. — Arch. for Math. og Naturvid. 1888, **13**, 1—96; 1890, **13**, 96—188; **14**, 189—271. Zusammen als Heft I apart erschienen 1892).

a. Olivingruppe. Der morphotropische Einfluss des Ca_2SiO_4 auf das Olivinsilicat wird an einer grösseren Anzahl von Krystallen aus Schlacken festgestellt. Die chemische Zusammensetzung der betreffenden Krystalle wird nur annähernd durch eine Bauschanalyse der Schlacke ermittelt. Die untersuchten Krystalle waren meist sehr gut messbar, nach a prismatisch ausgebildet und von $\{021\}$, $\{110\}$, $\{010\}$ begrenzt. 1) Krystalle aus einer Schlacke vom Gässjö-Hochofen in Schweden, in welcher der Olivin etwa 80 % der Gesammtmasse ausmacht. Die Bauschanalyse ergab: SiO_2 34,30, Al_2O_3 0,78, FeO 25,64, MnO 0,86, MgO 4,68, CaO 33,72. $Si:R = 1:1,90$. $CaO:(Fe, Mg, Mn)O = 5,53:4,47$. Daraus folgt die wahrscheinliche Zusammensetzung des Olivins: $1,25\ Ca_2SiO_4 + 1(Fe, Mg)_2SiO_4$. Messungen: $(110):(1\bar{1}0) = 47^0\ 10\frac{1}{2}'$, $(021):(0\bar{2}1) = 98^0\ 18\frac{1}{2}'$; $a:b:c = 0,43663:1:0,57832$. 2) Krystalle aus einer basischen Martinschlacke von Denain, Nordfrankreich, mit etwa 70 % Olivin. Bauschanalyse: SiO_2 38,80, Al_2O_3 2,12, Fe_2O_3 1,60, FeO 5,58, MnO 19,54, MgO 4,10, CaO 31,30, S 0,15, P_2O_5 0,98. $Si:R = 1:1,79$, $CaO:(Mn, Fe, Mg)O = 5,53:4,47$. Wahrscheinliche Zusammensetzung des Olivins: $1-1,25\ Ca_2SiO_4 + 1(Mn, Fe, Mg)_2SiO_4$. Gemessen: $(021):(0\bar{2}1) = 98^0\ 18'$. 3) Krystalle aus einer kalk- und manganreichen, sehr eisenarmen Schlacke von Schisshyttan in Schweden, welche etwa aus $1 Ca_2SiO_4 + 1(Mn, Mg, Fe)_2SiO_4$ bestanden, ergaben $(021):(0\bar{2}1) = 98^0\ 5'$. Man sieht daraus, dass die Winkel dieser kalkreichen Olivine unter einander sowohl als auch denjenigen des natürlichen Monticellit sehr ähnlich sind, und dass der Einfluss, welchen das MgO-, MnO-, FeO-Silicat auf das Axenverhältniss ausüben, neben dem des CaO-Silicates verschwindend ist; auch die nach a prismatische Form scheint für die aus Schmelzfluss erstarrten CaO-reichen Olivine charakteristisch zu sein. Die Aufnahme von CaO in das Olivinsilicat, welche am Olivin der vulkanischen Gesteine noch nicht hinreichend sicher nachgewiesen ist, scheint in den Schlacken am leichtesten zu erfolgen, wenn die Zusammensetzung der Schmelze bei hohem Kalkgehalte ziemlich genau $= R_2SiO_4$ ist und die Abkühlung sehr rasch erfolgt. Trifft einer dieser Umstände nicht zu, so entsteht nur sehr wenig CaO-armes Singulosilicat, neben welchem Melilith etc. die Hauptmasse bilden.

b. Augit. Eine Anzahl künstlicher, von Åkerman hergestellter Schmel-

zen, welche sämmtlich vollständig oder nahezu vollständig zu Augit erstarrt sind, zeigen die Verhältnisse

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
$CaO : MgO$	5,00:5,00	6,06:3,94	6,67:3,33	6,84:3,16	7,19:2,81	7,50:2,50.

Es folgt hieraus unmittelbar, dass der Augit bedeutende Ueberschüsse von $Ca_2Si_2O_6$ führen kann; wird aber der Ueberschuss grösser als in 6, so scheidet sich nicht mehr reiner Augit, sondern daneben das später zu besprechende hexagonale Kalksilicat aus; man darf also als Grenze für den CaO-Gehalt der Augite die Formel annehmen: $CaMgSi_2O_6 + CaCaSi_2O_6$. Wenn umgekehrt das Verhältniss von $CaO : MgO = 1 : 3$ ist, so scheidet sich schon nicht mehr reiner monokliner Augit, sondern daneben rhombischer Pyroxen aus. [Ueber die Verbindungsweise der Thonerde in den Schlackenaugiten, welche im Anschlusse hieran erörtert wird, vergl. Referat diese Zeitschr. **18**, 669.]

c. Hexagonales Kalksilicat und Wollastonit. Trockene Schmelzen, welche aus $CaSiO_3$ bestehen, erstarren vollständig zu einem stark doppeltbrechenden, optisch einaxigen (mit geringen Anomalien), positiven Minerale, welches durch in Drusen entwickelte Krystalle der Combination $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$ sich als hexagonal erweist. Ein unbedeutender Theil des Ca-Gehaltes lässt sich in demselben durch Mg, Mn, Fe ersetzen und es krystallisirt z. B. eine Schmelze mit $4CaSiO_3 + 1MgSiO_3$ noch vollständig als hexagonales Silicat, während bei höherem $MgSiO_3$-Gehalte sich daneben Augit entwickelt. Dagegen scheint das Mineral Al_2O_3 nicht aufnehmen zu können; bei 2,75 % Al_2O_3 bildete sich schon etwas Glas, bei 6,17 % Al_2O_3 war die ganze Masse glasig. Was die Darstellung des Wollastonit betrifft, so erscheinen alle Angaben in der Literatur hierüber unzuverlässig und es handelt sich fast stets um das hexagonale Silicat. Sicherer Wollastonit wurde nur von Hussak dargestellt und fand sich auch in einer $CaSiO_3$-reichen Schlacke von Högfors, Schweden, in welcher er etwa die Hälfte der Masse bildet und ganz übereinstimmend mit dem natürlichen ausgebildet ist. Die beiden Modificationen von $CaSiO_3$ wurden nie beisammen in der gleichen Schmelze beobachtet.

d. Enstatit-Hypersthen und eine dimorphe mono- oder trikline $MgSiO_3$ - $FeSiO_3$ (?)-Varietät. Aus Mg- und Fe-Bisilicatschmelzen bildet sich im Allgemeinen vorherrschend mit dem natürlichen identischer rhombischer Pyroxen, welcher zum Theil etwas $CaSiO_3$ aufnehmen kann. Bei steigendem Ca-Gehalte entsteht daneben, oft in paralleler Verwachsung, monokliner Augit. Neben diesen aber tritt sowohl in den Schlacken, als in den Producten der Synthese ein mono- oder triklines Mineral auf, welches in seiner chemischen Zusammensetzung mit dem rhombischen Pyroxen übereinstimmt, aber sowohl von diesem, als dem Augit leicht zu unterscheiden ist. Dasselbe ist, auch wenn in reinen $FeSiO_3$-Schmelzen krystallisirt, farblos, bildet langprismatische Krystalle, welche selten einzeln sind, sondern meist polysynthetische Zwillinge parallel der Längsaxe darstellen; etwa $\perp (85^0 - 90^0)$ zur Zwillingsaxe ist eine scharfe Spaltbarkeit zu beobachten, weniger deutlich eine solche unter 45^0 dazu. Die Auslöschungsschiefe beträgt $25^0 - 30^0$ zur Zwillingsgrenze. Die Doppelbrechung des eisenarmen Silicates scheint höher als die des eisenreichen, und bei letzterem sehr niedrig zu sein.

e. Rhodonit. In sauren, Bessemer- und Martinschlacken von manganreichem Roheisen sehr häufig und immer in verhältnissmässig grossen Krystallen auf den Drusen. Dieselben sind tafel- oft blattförmig nach $\{001\}$ und nach Kante

(001):(110) gestreckt. Vorherrschend entwickelt sind {001}, {110}, {100}, {010}, ausserdem {112}, sowie einige nicht sicher bestimmbare Formen {*h h l*} und {*h̄ h̄ l*}, endlich selten noch {*h* 0 *l*}. Messungen an ziemlich eisenreichem Rhodonit aus Bessemerschlacken von Westanfors und Sandviken in Schweden ergaben *): $a : b = 68^0 53\frac{1}{2}' — 69^0 4'$, $a : q = 43^0 48'$, $a : o = 71^0 34'$, $a : s = 72^0 29' — 72^0 32'$, $b : o = 47^0 53'$, $b : s = 48^0 10'$, $o : s = 82^0 24'$. Die Messungen sind nicht ganz zuverlässig, da die Flächen stets facettirt sind, indess sind Abweichungen von den natürlichen Krystallen vorhanden, welche mit dem *Fe*-Gehalte zusammenhängen. Spaltbarkeit vollkommen nach *c* und *b*, weniger vollkommen nach *o* und *s*. Die Auslöschungsschiefe ist etwas abweichend von der der natürlichen Krystalle. Die Farbe ist je nach *Fe*-Gehalt gelb bis gelbbraun mit schwachem Pleochroismus. Rhodonit findet sich in Schlacken häufig mit Fayalit zusammen und ist bald vor, bald nach diesem auskrystallisirt; in sauren Schmelzen ist er von Augit begleitet.

f. Magnesiaglimmer. In Rohschlacken beim Verschmelzen von Kupferstein bei Kafveltorp und Garpenberg, Schweden, findet sich vollkommen farbloser Magnesiaglimmer in dünnen, sechsseitigen, elastischen Blättchen, 5—6 mm breit. Das Mineral spaltet vollkommen nach {001}, auf welchem die negative, spitze Bisectrix nahezu ⊥ austritt; Axenwinkel ganz klein. Nach der Gleitungsmethode isolirtes Material von Kafveltorp wurde analysirt: SiO_2 42,20, Al_2O_3 11,30, FeO (mit wenig Fe_2O_3) 5,92, CaO 2,29, MgO 22,93, ZnO 1,40, CuO 0,30, $Na_2O + K_2O$ ca. 13 %.

In Rohschlacken von der Königin Marienhütte bei Zwickau findet sich gleichfalls Glimmer, welcher aber gelbbraun und ebenso pleochroitisch ist, wie der natürliche. Bemerkt wird, dass die Beschickung an den in Gang befindlichen schwedischen Werken, wenn Glimmer sich bildete, jedesmal ausser den Silicaten der Gangart 1—3 % Flussspath enthielt, ebenso wie die Synthese der Glimmer bis jetzt nur unter Anwendung von Fluoriden geglückt ist. Die Möglichkeit CaO aufzunehmen (bis 2 %) ist nur bei rascher Abkühlung gegeben.

g. Melilithgruppe. Aus basischen CaO-reichen Schlacken mit mässigem Gehalte an Sesquioxyden und etwas $(Mg, Mn, Fe, K_2, Na_2)O$ bilden sich tetragonale Mineralien, welche mit dem natürlichen Melilith resp. Gehlenit identisch oder denselben äusserst nahe verwandt sind. Diese Mineralien lassen hier eine fortlaufende Reihe erkennen, welche von dem *Al*-reichsten, dem Gehlenit (Gehl.), zu einem *Al*-freien reinen *Ca*-Silicat überführt, welches der Verf. dem schwedischen Metallurgen Rich. Åkerman zu Ehren als Åkermanit (Åk.) bezeichnet. Die Zwischenglieder lassen sich wie stets bei isomorphen Reihen als Mischungen von *n* Gehl. + *m* Åk. auffassen.

Die Ausbildung dieser Mineralien in den Schlacken ist im Allgemeinen ziemlich gleich, {100}, {001} und schmal {110}; Endflächen sind mit Ausnahme des Åkermanits äusserst selten. Gehlenit und Melilith treten in gedrungen prismatisch-tafelförmigen, Åkermanit in dünntafelig-blattförmigen, aber verhältnissmässig grossen Krystallen in den Drusenräumen auf. Die Mineralien sind stets optisch einaxig, mit schwacher, nach der Zusammensetzung wechselnder Doppelbrechung, wobei die Gehlenite, sowie die thonerdereichen Melilithe optisch negativ mit einer mit dem Thonerdegehalte abnehmenden Doppelbrechung sind, während bei den Melilithen von mittlerem Al_2O_3-Gehalte die Doppelbrechung für

*) Bezeichnung und Stellung nach Flink, diese Zeitschr. **11**, 512.

einzelne Farben = 0 wird, so dass das Mineral bei der sehr geringen Dispersion scheinbar optisch isotrop ist, bei weiterer Abnahme des Al_2O_3-Gehaltes wird positive Doppelbrechung erkennbar, welche bis zum reinen Åkermanit gesetzmässig zunimmt. Zu den optisch negativen Gliedern der Reihe gehören die bis jetzt synthetisch dargestellten, sowie weitaus die meisten der in der Natur*) vorkommenden Melilithmineralien. Die optisch scheinbar isotropen Glieder der Reihe sind verhältnissmässig selten und finden sich besonders gerne in zonalem Aufbau mit anderen; sie wurden bisher, ebenso wie der eigentliche Åkermanit, nur in Schlacken beobachtet. Alle Mineralien der Gruppe sind für gewöhnlich farblos, selbst beträchtliche Mengen von FeO und MnO erhöhen nur etwas die Doppelbrechung, bringen aber keine Färbung hervor; anders ist es mit geringen Mengen von Fe_2O_3 und Mn_2O_3, welche stark gelb resp. violett färben. Die Spaltbarkeit des künstlichen Gehlenits und Meliliths ist wie bei den natürlichen ziemlich vollkommen parallel $\{001\}$, weniger deutlich parallel $\{100\}$, bei Åkermanit lässt sie sich nicht sicher feststellen, da die sehr dünnen Blättchen gewöhnlich nach $\{001\}$ parallel übereinander gewachsen sind. Was die Feststellung der krystallographischen Constanten betrifft, so ist diese nur annähernd auszuführen, indem bei Åkermanit sehr häufig eine glänzende flache Pyramide auftritt, welche aber stets facettirt ist und eine genaue Messung nicht zulässt. Die Auffassung derselben als $\{104\}$ führt auf ein dem Melilith nahestehendes Axenverhältniss. Etwas genauer konnte bei einem Zwischengliede zwischen Åkermanit und Melilith an Durchkreuzungszwillingen nach $\{101\}$ $a : c = 1 : 0,4505$ festgestellt werden.

Was die chemische Zusammensetzung und die Constitution der hierher gehörigen Mineralien betrifft, so ist zunächst zu bemerken, dass der reine Åkermanit bis jetzt nicht analysirt worden ist. Die Analysen des natürlichen Gehlenits, sowie des von Bourgeois synthetisch dargestellten und einiger Schlackengehlenite ergeben für dieses Mineral $3RO.R_2O_3.2SiO_2$ oder jedenfalls eine sehr nahestehende Formel. Um die Zusammensetzung des Åkermanits festzustellen, wurden aus einer sehr thonerdearmen Schlacke von Sandviken reine Krystalle ausgebrochen und analysirt. SiO_2 43,17, Al_2O_3 3,43, FeO Spur, MnO 5,85, CaO 37,89, MgO ca. 9, CaS Spur. Die Krystalle waren nicht völlig rein, sondern führten etwas Glaseinschlüsse und CaS. Da aber die Zusammensetzung der ganzen Schlacke nur wenig von der des Minerals abweicht, können dieselben vernachlässigt werden. Zieht man von dieser Analyse die dem Al_2O_3-Gehalte entsprechenden Mengen der übrigen Bestandtheile, wie sie dem Gehlenit entsprechen, ab, nämlich 3,96 SiO_2, 3,4 Al_2O_3, 4,16 CaO, 0,99 MgO, so erhält man annähernd die Zusammensetzung des reinen Åk.-Silicates zu 39,21 SiO_2, 0,0 Al_2O_3, 33,34 CaO, 5,85 MnO und 8 MgO. Das Sauerstoffverhältniss ist hier 1,486, $Si : R$ 1,328; während die einfachste Formel $R_4Si_3O_{10}$, 1,50 resp. 1,333 verlangt. Eine Uebersicht der von Vogt in grosser Menge gegebenen Bauschanalysen von Schlacken, deren Aufführung aber hier zu weit führen würde, da sie in der Hauptsache petrographisches Interesse bieten, beweist nun, dass die physikalischen Eigenschaften der in denselben ausgeschiedenen Melilithmineralien gestatten, entsprechend dem Thonerdegehalte eine continuirliche Reihe derselben festzustellen, wie sie nach der Tschermak'schen Theorie für isomorphe Reihen erfordert wird, und deren Glieder sich als Mischungen der beiden Endglieder deuten lassen. Ebenso sind die bis jetzt publicirten Analysen von reinem Melilith

*) Optisch positiver Melilith wurde erst kürzlich von Becke im Basalt vom Steinberg bei Hamm beobachtet. Tscherm. min.-petr. Mitth. 1892. Anm. d. Ref.

als Mischungen von 1 Åk. + 1 Gehl. mit Leichtigkeit zu erklären, die Abweichungen, welche sie ergeben, lassen sich, worauf auch der H_2O-Gehalt hinweist, auf die beginnende Zersetzung zurückführen. Man darf demnach die Mineralien der Melilithgruppe als Mischungen des Silicates $R_3Al_3Si_2O_{10}$, entsprechend dem natürlichen Gehlenit, und $R_4Si_3O_{10}$, entsprechend dem in der Natur nicht vorkommenden Åkermanit auffassen, wobei, wie dies ja so häufig ist, die Atomgruppe $(\overset{VI}{Al_2})$ durch $(\overset{II}{R}\overset{IV}{Si})$ isomorph vertreten wird. Bei allen Gliedern der Reihe ist CaO die vorherrschende Base, doch ist sie im Allgemeinen durch etwas — bis $\frac{1}{4}$ — $(Mg, Fe, Mn)O$ vertreten, und die Silicate bilden sich auch nie in reinen Kalksilicatschmelzen, sondern es ist dazu stets die Gegenwart von wenig $(Mg, Fe, Mn$ etc.$)O$ nothwendig, welche dabei gleichsam als Mineralbildner fungiren. Was die Constitution der Melilithmineralien betrifft, so ist Vogt geneigt, dieselben von einer neuen Kieselsäure $H_8Si_3O_{10}$ abzuleiten, welche er als Pyrokieselsäure bezeichnet. Man kann dieselbe als 1 Ortho- + 2 Metakieselsäure auffassen. Die Constitution der beiden Fundamentalverbindungen wäre:

```
            O                          O
      Si <  O > R               Si <   O > R
       |    O                    |     O
       O    |                    O     |
       |    |                    |     |
R < O > Si  R                  O:Al    R
    O  |    |                  O:Al    |
       O    O                    |     |
       |                         O     O
      Si <  O > R                |
            O                   Si <   O > R
                                       O
```

Åkermanit. Gehlenit.

Zum Schlusse mag noch folgende Tabelle angefügt werden, um den Zusammenhang zwischen den chemischen und physikalischen Verhältnissen der Melilithmineralien klarzulegen.

(Siehe die Tabelle auf S. 173.)

Für einige weitere Silicate werden im Anschlusse hieran die Bedingungen ihrer Bildung erforscht. Von den Plagioklasen kommt hierbei nur der Anorthit in Frage, da der Verf. nur mit sehr alkaliarmen bis freien Schmelzmassen arbeitete. Derselbe scheidet sich leicht aus solchen aus, welche in ihrer Zusammensetzung dem Minerale nahe stehen, mit der Aenderung dieses Verhältnisses nimmt nicht nur die Menge, sondern namentlich auch die Grösse der Anorthitkrystalle ab. Das Mineral tritt stets in Leisten parallel $\{010\}$ auf und zeigt mehrfache Zwillingsbildung; in eigentlichen Schlacken wurde es nur ausnahmsweise beobachtet und war dann von gleichzeitig gebildetem Melilith begleitet. Sehr selten bildet sich der Granat aus Schmelzmassen, so dass man annehmen muss, dass zu seiner Individualisation besonders günstige chemisch-physikalische Bedingungen nothwendig sind.

h. Spinellgruppe. Spinell bildet sich in solchen Schmelzflüssen, welche einen hohen Gehalt an Al_2O_3 und $(Mg, Mn, Fe)O$ resp. ZnO aufweisen und sehr basisch sind. Mit besonderer Leichtigkeit bildet sich der blaugrün oder violett durchsichtige Zinkspinell, welcher in oft zonal aufgebauten Krystallen oder in

	Åkermanit	Zwischenglied		Optisch pos. Melilith	Optisch isotrop. Melilith	Optisch neg. Melilith	Zwischenglied			Gehlenit	
Åk. : Gehl.	∞ : 1	9 : 1	8 : 2	7 : 3	6 : 4	5 : 5	4 : 6	3 : 7	2 : 8	1 : 9	1 : ∞
% Al_2O_3	0,00	2,7	5,4	8,2	10,9	13,6	16,3	19,0	21,7	24,5	27,47
Sauerstoffverhältniss	1,50	1,38	1,27	1,17	1,08	1,00	0,92	0,85	0,79	0,73	0,667
Optischer Charakter	Positiv				isotrop	Negativ					
$(\varepsilon - \omega)$*)	+ 0,005 bis 0,007	+ 0,003 bis 0,005		ca. 0,003 ca. 0,002	0,0000	—0,003 bis 0,005	—0,005 bis 0,006			ca. 0,008	
Spec. Gew.		2,75—2,80		(2,91)		(2,90—2,95)				2,98—3,05	
$a : c$		1 : 0,45				1 : 0,4548				1 : 0,400	

*) Vorausgesetzt ist hierbei, dass das Mineral kein $(Fe_2 Mn_2)O_3$ und sehr wenig $(Fe, Mn)O$ enthält.

Perimorphosen auftritt. Ebenso wie der gewöhnliche Spinell der Schlacken bildet er stets wohlausgebildete Krystalle, selten oder nie kommen Skelettbildungen vor. Wenn die Temperatur besonders hoch ist, wird verhältnissmässig leicht etwas CaO von dem Spinell aufgenommen. Was das Auftreten von Magnetit in Schlacken betrifft, so findet sich dieser namentlich nach rascher Abkühlung gewöhnlich in Skeletten und rundlichen Körnern. Die Ausscheidung dieses Minerals findet in basischen Schlacken schon bei sehr geringem Gehalte an Fe_2O_3 leicht statt, während in sauren wenig Fe_2O_3 von den Bisilicaten aufgenommen wird und es erst bei höherem Procentsatze zur Magnetitbildung kommt. Im Allgemeinen krystallisiren Spinell und Magnetit neben einander jeder für sich, doch kann der Spinell etwas Fe_2O_3, der Magnetit wenig RAl_2O_4 aufnehmen.

i. Oxyde. Eisenglanz kann sich nur in FeO-armen basischen Schmelzflüssen entwickeln, da in FeO-reichen Magnetit zur Ausscheidung kommt und in sauren das Fe_2O_3 von SiO_2 gebunden wird. Korund kann sich in den gewöhnlichen Schmelzflüssen überhaupt nicht ausscheiden, da Al_2O_3 einestheils von SiO_2, anderntheils von ZnO, MgO festgehalten wird. Aus Schlacken, welche geringe Mengen Cu_2O enthalten, scheidet sich Cuprit bei nicht allzu plötzlicher Abkühlung aus, und es können stöchiometrische Verbindungen von SiO_2 und Cu_2O nicht durch Schmelzung dargestellt werden. Bei ganz rascher Abkühlung aber bleibt eine bedeutende Menge Cu_2O im Glase gelöst und ertheilt demselben eine schöne Fluorescenz. (Ebenso wie Cu_2O ist auch metallisches Kupfer in Silicatschmelzen löslich und scheidet sich bei langsamer Abkühlung in Krystallen oder blattförmigen Skeletten aus und ähnlich verhalten sich Silber und Gold.)

k. Monosulfide. In basischen Ca- und Mn-reichen Schlacken ist sehr häufig ein Schwefelgehalt nachzuweisen, welcher als krystallisirtes Monosulfid ausgeschieden ist. Diese Mineralien sind die ersten Ausscheidungsproducte und dadurch charakterisirt, dass sie stets in Form von Krystalliten — Margariten, Globuliten, Longuliten —, deren chemische Beschaffenheit lange verkannt wurde, in den Schlacken auftreten. Es finden sich alle möglichen isomorphen Mischungen vom farblosen CaS bis zum intensivgrünen MnS, vom farblosen lichtgelben ZnS bis zum undurchsichtigen metallglänzenden FeS, welch' letzteres aber seltener in Krystalliten, häufiger als feinvertheilter Staub auftritt. Diese Monosulfide sind in dem Magma löslich und zeigen dies häufig dadurch an, dass sie einen »Hof« hinterlassen. Der Gehalt basischer, namentlich Mangan-reicher Schlacken an Monosulfid kann 6—8 % betragen.

l. Apatit. Dieses Mineral, welches bei synthetischen Versuchen auf dem Wege des Schmelzflusses aus Silicatmagmen noch nicht dargestellt werden konnte, findet sich in einzelnen Bleiofenschlacken, welche 1—2 % P_2O_5 enthalten. Die eingewachsenen Krystalle sind nadelförmig wie in den meisten massigen Gesteinen und bilden eines der ersten Ausscheidungsproducte. Auf Drusen sitzen tafelförmige Krystalle desselben Minerals.

Ref.: E. Weinschenk.

44. C. C. Stuhlmann (in Freiburg): **Krystallographisch-chemische Untersuchungen.**

1. α-Anhydrophosphorluteowolframsaures Kalium, $K_3PW_8O_{28} + 8H_2O$.

Dargestellt von Fr. Kehrmann (Liebig's Ann. d. Chem. 1888, **245**, 47).

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a:b:c = 0,6278:1:0,9508.$$
$$\alpha = 80^0\,26', \quad \beta = 118^0\,34', \quad \gamma = 81^0\,15'.$$

Beobachtete Formen: $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{001\}0P$, $\{11\bar{1}\}P,$, $\{110\}\infty P',$, $\{1\bar{1}0\}\infty,'P$, $\{1\bar{1}\bar{2}\}\frac{1}{2},P$.

In der Richtung der a-Axe verlängert, $\{010\}$ und $\{001\}$ herrschen vor, $\{11\bar{1}\}$ und $\{1\bar{1}\bar{2}\}$ treten nur untergeordnet auf.

Die Flächen waren meist gekrümmt und verzogen und gaben keine einheitlichen Reflexe.

	Gemessen:	Berechnet:
$(001):(010) =$	$*105^0\,58'$	—
$(001):(110) =$	$*68\;\;53$	—
$(001):(1\bar{1}0) =$	$58\;\;6$	$58^0\;\;7'$
$(110):(1\bar{1}0) =$	$*57\;\;28$	—
$(110):(010) =$	$*73\;\;9$	—
$(110):(11\bar{1}) =$	$*38\;\;45$	—
$(110):(1\bar{1}\bar{2}) =$	$80\;\;0$	$80\;\;37$
$(1\bar{1}0):(11\bar{1}) =$	$78\;\;43$	$78\;\;45$
$(1\bar{1}0):(1\bar{1}\bar{2}) =$	$63\;\;37$	$63\;\;6$
$(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{2}) =$	$59\;\;10$	$59\;\;2$
$(11\bar{1}):(010) =$	$60\;\;59$	$61\;\;16$
$(1\bar{1}\bar{2}):(010) =$	$111\;\;12$	$111\;\;33$

Farbe hellgelb; durch Licht- und Lufteinwirkung werden die Krystalle grünlichgelb bis grün.

Die Schwingungsrichtung auf (001) bildet einen Winkel von 50^0 mit der a-Axe im spitzen Axenwinkel γ; auf (010) einen Winkel von 20^0 mit der a-Axe im stumpfen Axenwinkel β.

Isomorph mit der beschriebenen Substanz ist das entsprechende Ammoniumsalz $(NH_4)_3PW_8O_{28} + 8H_2O$, an dem einige approximative Messungen früher von Fr. Kehrmann angeführt worden sind (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1887, **20**, 1809). Derselbe fand

$$(010):(001) = 107^0\,10' \text{ (beim } Ka\text{-Salz } 105^0\,58')$$
$$(110):(1\bar{1}0) = 58\;\;40 \;(\;\; - \;\; - \;\; - \;\; 57\;\;28)$$

Die übrigen von K. angegebenen Winkel lassen sich mit denen des Ka-Salzes nicht vergleichen, da sie sich auf Formen beziehen, die an letzterem nicht beobachtet wurden, nämlich auf ein Brachydoma und eine an den Krystallen des Kaliumsalzes nicht vorkommende Tetartopyramide.

2. Benzoyläther des Jodthymols, $C_{10}JH_{12}O.COC_6H_5$.

Dargestellt von Willgerodt und Kornblum (Journ. f. prakt. Chem. 1889 (2), **39**, 294). Krystalle aus Eisessig. Schmelzpunkt 95⁰.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a:b:c = 0,4805:1:2,4699;$$
$$\beta = 131^0\,57'.$$

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{11\bar{1}\}+P$, $\{120\}+P2$. Dünne Tafeln nach der Basis, die Prismenflächen waren meist gerundet.

	Gemessen:	Berechnet:
$(120):(001) =$	*57° 3′	—
$(120):(11\bar{1}) =$	*110 31	—
$(00\bar{1}):(11\bar{1}) =$	*47 52	—
$(120):(1\bar{2}0) =$	70 42	70° 6′
$(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) =$	85 2	85 10

Farblos, durchsichtig. Die Auslöschung auf {120} wurde parallel und senkrecht zur Prismenkante gefunden.

Ref.: W. Muthmann.

45. R. Schneider (in Berlin): **Ueber künstlichen Kupferwismuthglanz (Emplektit) und Wittichenit** (Journ. f. prakt. Chem. 1889 (2), **40,** 565).

Derselbe: Ueber künstlichen Silberwismuthglanz (Ebenda, 1890 (2), **41,** 414).

Das Verfahren des Verfs. besteht darin, dass er feingepulvertes Kalium-Wismuthsulfid $K_2S.Bi_2S_3$ mit ammoniakalischen Lösungen von Kupferchlorür resp. Silbernitrat digerirt und die erhaltenen Producte im Tiegel bei Luftabschluss zusammenschmilzt. Der Process verläuft nach der Gleichung:

$$K_2S.Bi_2S_3 + Cu_2Cl_2 = 2KCl + Cu_2S.Bi_2S_3$$
$$K_2S.Bi_2S_3 + 2AgNO_3 = 2KNO_3 + Ag_2S.Bi_2S_3.$$

Bei der Darstellung der Kupferverbindung verläuft die Reaction äusserst langsam; zur Umsetzung von 1 g Kalium-Wismuthsulfid waren 8—10 Tage erforderlich; auch hält das Product basisches Chlorwismuth und Schwefelkalium beigemengt, welche Verunreinigungen man vor dem Zusammenschmelzen durch Behandeln mit verdünnter Salzsäure, der man etwas Schwefelwasserstoffwasser zusetzt, entfernen muss. Das so erhaltene Product, ein schwarzes, glanzloses Pulver, wird dann unter Abschluss der Luft erhitzt; es schmilzt bei beginnender Rothgluth und liefert nach dem Erstarren eine Masse, die eine an völlige Uebereinstimmung grenzende Aehnlichkeit mit natürlichem Kupferwismuthglanz zeigt. Sie ist von lichtgrauweisser bis zinnweisser Farbe und schwarzem Strich; der Bruch ist, je nach der Schnelligkeit des Erstarrens, ziemlich dicht, krystallinisch-strahlig oder blätterig. Hohlräume sind mit kleinen, lebhaft metallglänzenden, dünnsäulenförmigen, häufig längsgestreiften Krystallen ausgekleidet, die von denen des natürlichen Kupferwismuthglanzes kaum zu unterscheiden sind.

Eine Bestimmung des specifischen Gewichtes ergab 6,10 bei 15°; für das natürliche Product fand Weisbach 5,137—5,263, Frenzel 6,23—6,38, die letzteren Zahlen dürften daher den Vorrang verdienen. Die Härte des künstlichen Productes ist etwas grösser als die des natürlichen.

Ein ähnliches Product erhielt der Verf. auch beim Zusammenschmelzen von reinem Kupferglanz und künstlichem Bi_2S_3 in molekularen Verhältnissen.

Einen Beweis für die Formel $Cu_2S.Bi_2S_3$ sieht der Verf. darin, dass das Product beim Erhitzen im Wasserstoffstrome $\frac{1}{4}$ seines Schwefels verliert, während ein Gemenge von Cu_2S und Wismuthmetall zurückbleibt.

Künstlicher Wittichenit, $3Cu_2S.Bi_2S_3$, wurde erhalten, indem metallisches Wismuth mit einer siedenden salzsauren Kupferchloridlösung digerirt, die mit Weinsteinlösung versetzte Flüssigkeit mit Schwefelwasserstoff gefällt und der Niederschlag getrocknet und unter Luftabschluss zusammengeschmolzen wurde:

$$Bi_2 + 6CuCl_2 = 2BiCl_3 + 3Cu_2Cl_2,$$
$$2BiCl_3 + 3Cu_2Cl_2 + 6H_2S = 12HCl + 3Cu_2S.Bi_2S_3.$$

Das Product glich in jeder Hinsicht dem derben natürlichen Wittichenit. Derselbe steht zum Emplektit in derselben Beziehung wie Buntkupfererz zum Kupferkies:

$Cu_2SBi_2S_3$ Emplektit	$Cu_2SFe_2S_3$ Kupferkies
$3Cu_2SBi_2S_3$ Wittichenit	$3Cu_2SFe_2S_3$ Buntkupfererz.

Künstlicher Silberwismuthglanz wurde vom Verf. genau in derselben Weise wie die Kupferverbindung erhalten; zu bemerken ist, dass die Umsetzung von Kaliumwismuthsulfid mit Silbernitrat nur in ammoniakalischer, nicht aber in neutraler oder saurer Lösung in der gewünschten Weise verläuft.

Das Product glich vollständig dem natürlichen Silberwismuthglanz; es zeigte lichtgrauweisse Farbe, starken Metallglanz und grauen Strich; Härte etwa 3,5; die Verbindung war ziemlich spröde, das Gefüge krystallinisch-feinblätterig bis feinschuppig; einzelne ausgebildete Krystalle konnten nicht erhalten werden.

Das spec. Gew. wurde bei 15° zu 6,96 gefunden; Rammelsberg fand für das natürlich vorkommende Product 6,92.

Ref.: W. Muthmann.

46. S. Glinka (in St. Petersburg): **Krystallform einiger organischer Substanzen.**

1. β-Dimethylakrylsäuredibromid, $(CH_3)_2BrC-CHBrCOOH$.

Dargestellt von Gorboff und Kessler (Journ. f. prakt. Chem. 1890 (2), **41**, 231. — S. auch Ustinoff, Journ. d. russ. chem. Gesellsch. 1885, 439).

Krystalle aus Ligroin. Schmelzpunkt 107°—108°.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 1,43 : 1 : 1,3;$$
$$\alpha = 72^0 40', \quad \beta = 72^0 57', \quad \gamma = 89^0 4'.$$

Tafeln, an denen die Pinakoide vorherrschen; selten und in schlechter Ausbildung tritt eine Tetartopyramide auf. Die Messungen sind nur ungenau.

$(100):(0\bar{1}0)$	=	104° 42′
$(100):(001)$	=	104 9
$(0\bar{1}0):(001)$	=	98 13
$(100):(1\bar{1}1)$	=	63 ca.
$(0\bar{1}0):(1\bar{1}1)$	=	68 ca.

2. Polymerer Oxaldehyd, $(C_4H_8O_2)_x$.

Dargestellt von Denselben (ebenda 244.)

Die monomere Substanz ist bekanntlich flüssig und siedet bei 50°—55°; beim Stehen polymerisirt sich dieselbe und verwandelt sich nach einigen Tagen in eine feste Masse des zu beschreibenden Productes.

Krystalle aus Aether. Schmelzpunkt 63°—67°.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,98415 : 1 : 0,81792.$$

Beobachtete Formen: $\{110\}\infty P$ und $\{111\}P$; prismatisch nach der Verticalaxe.

$$(110):(1\bar{1}0) = 89^0\ 5'$$
$$(110):(111) = 41\ 10$$
$$(111):(11\bar{1}) = 82\ 20$$

Ref.: W. Muthmann.

47. R. Otto und **J. Fromme** (in Braunschweig): **Eukairit aus Argentinien** (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1890, **23**, 1039; Journ. f. prakt. Chem. 1890, **42**, 57).

Das Vorkommen ist bereits von F. Klockmann beschrieben worden (diese Zeitschr. 1891, **19**, 266). Hinzuzufügen ist Folgendes: Das Mineral ist mild bis geschmeidig, die Härte liegt zwischen 2 und 3, der Strich ist bleigrau, das spec. Gew. wurde in zwei Bestimmungen zu 7,661 und 7,675 gefunden. Die analytischen Resultate der Verff. sind folgende:

	Ber. für $AgCuSe$	Otto:	Fromme: I.	II.
Ag	43,1	42,7	43,39	42,71
Cu	25,3	25,5	26,35	25,47
Se	31,6	31,5	30,04	31,53
	100,0	99,7	99,78	99,71

Die Identität mit dem von Berzelius und Nordenskiöld analysirten Eukairit von Skrikerum in Småland ist zweifellos.

Ref.: W. Muthmann.

48. E. Glatzel (in Breslau): **Darstellung von krystallisirtem Eisendisulfid (Schwefelkies) aus wasserfreiem Eisenchlorid und Phosphorpentasulfid** (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1890, **23**, 37). — Verf. bespricht zunächst kurz die bisher bekannten, von Berzelius, Rammelsberg, Wöhler, Sénarmont, Durocher, Schlagdenhausen und Geitner angegebenen Methoden zur künstlichen Darstellung von Pyrit. Er selbst verfuhr in folgender Weise: 25 g Phosphorpentasulfid wurden mit 50 g wasserfreiem Eisenchlorid innig gemengt, das Gemisch in einer Retorte zunächst mässig im Sandbade, dann stärker über freiem Feuer erhitzt, bis kein Thiophosphorylchlorid mehr überdestillirte, und aus dem Rückstande die in grosser Menge entstandenen Schwefelkieskryställchen durch Behandeln mit Wasser, Sieben und Schlämmen isolirt. Die Reaction verläuft nach der Gleichung:

$$3Fe_2Cl_6 + 2P_2S_5 = 3FeCl_2 + 3FeS_2 + 4PSCl_3 .$$

Die so erhaltenen Krystalle waren mikroskopisch klein, aber scharf ausgebildet, stark glänzend und hatten die für den Pyrit charakteristische messinggelbe Farbe. Nicht selten wurde Streifung oder auch Aetzfiguren beobachtet. Sie zeigten ziemlich mannigfaltig ausgebildete Combinationen von Hexaëder, Pentagondodekaëder, Oktaëder und Dyakisdodekaëder.

Die Analyse ergab für die Formel FeS_2 stimmende Zahlen.

Ref.: W. Muthmann.

49. C. Schall (in Zürich): **Krystallform der Stachyose,** $C_{18}H_{32}O_{16} + 3H_2O$ (Ebenda, 1696). — Die Krystalle verlieren bei 103°—104° das Krystallwasser und zersetzen sich bei 110°—115°. Eine wässerige 9proc. Lösung zeigte starke Drehung der Polarisationsebene; es wurde gefunden $[\alpha_D] = 148,1°$.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,7848 : 1 : ?;$$
$$\alpha = 88° 44\frac{1}{2}', \quad \beta = 92° 32\frac{1}{2}', \quad \gamma = 153° 43\frac{1}{2}'.$$

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{110\}\infty P'$, $\{1\bar{1}0\}\infty'P$, $\{8\bar{9}0\}'\breve{P}\frac{9}{8}$. Tafeln nach der Basis.

	Gemessen:	Grenzwerthe:	Berechnet:
$(001):(010)$ =	*87° 50'	86° 57' — 88° 49'	—
$(110):(010)$ =	*14 45	13 48 — 14 39	—
$(1\bar{1}0):(001)$ =	*87 0	—	—
$(1\bar{1}0):(110)$ =	*60 59	59 28 — 61 21	—
$(110):(001)$ =	87 55	—	87° 15½'
$(8\bar{9}0):(0\bar{1}0)$ =	88 51	88 22 — 89 20	88 15½
$(8\bar{9}0):(1\bar{1}0)$ =	16 14	15 49 — 16 46	15 59
$(8\bar{9}0):(001)$ =	87 7	—	87 33½

Die Flächen sind vielfach geknickt und gestreift. Farblos, durchsichtig. Durch (010) scheint eine Axe auszutreten; auf dieser Fläche wie auf $(8\bar{9}0)$ wurde den Kanten nahezu parallele Auslöschung beobachtet.

Ref.: W. Muthmann.

50. A. Tenne (in Berlin): **Krystallform der α-Propylhomopiperidinsäure,** $C_8H_{17}NO_2$ (Ebenda, 3700). — Krystalle aus einer mit Alkohol und Aether vermischten wässerigen Lösung. Schmelzpunkt 186°.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,04145 : 1 : ?; \quad \beta = 99° 41' 50''.$$

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P$. Gemessen wurde:

$$(110):(1\bar{1}0) = 88° 30'$$
$$(110):(001) = 96\ 45$$

Ausgezeichnet spaltbar nach der Basis. Ebene der optischen Axen ist die Symmetrieebene; durch (001) tritt am Rande des Gesichtsfeldes eine Axe aus.

Ref.: W. Muthmann.

51. Alb. Krause (in Heidelberg): **Notiz über den Diamant** (Ebenda, 2409). — Die nach dem Dafürhalten des Verfs. bis jetzt noch nicht mit Sicherheit festgestellte Identität des Diamant mit Kohlenstoff wurde durch Denselben in der Weise nachgewiesen, dass er von der durch Verbrennen von Diamantsplittern erhaltenen Säure das Natriumsalz darstellte und dasselbe auf Krystallwassergehalt, Krystallform, Schmelzpunkt und elektrisches Leitungsvermögen der Lösung untersuchte. Es ergab sich völlige Uebereinstimmung mit der gewöhnlichen Soda.

Ref.: W. Muthmann.

52. E. Jenssen (in Breslau): **Krystallform einiger organischer Substanzen.**

1. Citraconanil.

Dargestellt von R. Anschütz. Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1890, **23**, 2979.
Krystalle aus Aether. Schmelzpunkt 98⁰.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a:b:c = 2,7575 : 1 : 1,8152;$$
$$\beta = 128^0 43'.$$

Beobachtete Formen: $\{110\}\infty P$, $\{100\}\infty P\infty$, $\{001\}0P$, $\{\bar{1}01\}+P\infty$. $\{\bar{2}01\}+2P\infty$. Nach der Symmetrieaxe gestreckt; $\{100\}$ ist meist nur klein.

	Gemessen:	Berechnet:
$(001):(20\bar{1})$ =	$*80^0\,15'$	—
$(100):(20\bar{1})$ =	$*48\ 28$	—
$(20\bar{1}):(110)$ =	$*73\ 46$	—
$(10\bar{1}):(110)$ =	88 56	$89^0\,10'$
$(110):(1\bar{1}0)$ =	130 12	130 8
$(110):(001)$ =	74 43	74 42
$(00\bar{1}):(10\bar{1})$ =	39 22	39 38

Farbe: honiggelb. Die Ebene der optischen Axen ist die Symmetrieebene. Die erste Mittellinie steht nahezu senkrecht auf (100). An einer natürlichen Platte wurde für gelbes Licht gefunden: $2H_a = 11^0\,6'$, $2E = 14^0\,56'$.

2. Diphenylmaleïnsäureanhydrid,

$$\begin{array}{l} C_6H_5 - C - CO \\ \qquad\quad \| \\ C_6H_5 - C - CO \end{array} > O.$$

Dargestellt von Anschütz und Bendix (Liebig's Ann. d. Chemie 1890, **259**, 64).
Krystalle aus Aether.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a:b:c = 0,69287 : 1 : 0,35838.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, $\{110\}\infty P$, $\{001\}0P$, $\{101\}\bar{P}\infty$. Dünnsäulenförmig nach der Verticalaxe.

	Gemessen:	Grenzwerthe:	Berechnet:
$(110):(100)$ =	$*34^0\,43'$	$34^0\,15' - 35^0\ 4'$	—
$(100):(101)$ =	$*62\ 39$	62 34 — 62 48	—
$(110):(1\bar{1}0)$ =	69 25	69 19 — 69 29	$69^0\,26'$
$(101):(110)$ =	67 51	67 36 — 68 5	67 49
$(101):(\bar{1}01)$ =	52 44	—	52 42
$(101):(001)$ =	27 23	27 12 — 27 44	27 21

Farbe hellgelb. Wenig durchsichtig.

3. Diphenylbernsteinsäureanhydrid,

$$\begin{matrix} C_6H_5-CH-CO \\ | \\ C_6H_5-CH-CO \end{matrix} > O.$$

Dargestellt von Denselben, ebenda 80. Krystalle aus Aether. Schmelzpunkt 115°—116°.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a:b:c = 0,50794:1:0,54599.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{140\}\infty\breve{P}4$, $\{111\}P$, $\{101\}\bar{P}\infty$, $\{122\}\breve{P}2$. Mehr oder weniger tafelförmig nach (010) und nach der Verticalaxe gestreckt. In der Prismenzone herrschen immer die Pinakoide (100) und (010) vor. An den Enden überwiegt (111); (101) und (140) wurden nur an einigen Krystallen beobachtet.

	Gemessen:	Grenzwerthe:	Berechnet:
(111):(100) =	*46° 40′	46° 13′—47° 1′	—
(111):(010) =	*69 36	69 5—69 59	—
(140):(1$\bar{4}$0) =	—	—	127° 36′
(140):(010) =	26 20	25 45—26 46	26 12
(140):(100) =	63 31	—	63 48
(140):(111) =	52 25	—	51 59
(111):(1$\bar{4}$0) =	90 27	—	90 33
(111):(1$\bar{1}$1) =	40 45	—	40 48
(111):($\bar{1}$11) =	86 42	86 39—86 46	86 40
(111):($\bar{1}\bar{1}$1) =	100 30	—	100 39
(111):(101) =	20 23	20 14—20 31	20 24
(101):($\bar{1}$11) =	93 30 ca.	—	93 53
(101):(140) =	—	—	71 8
(101):(100) =	42 52	42 43—42 57	42 56
(101):($\bar{1}$01) =	94 11	94 6—94 17	94 8
(101):(122) =	31 10 ca.	—	31 27
($\bar{1}$22):(101) =	76 30 ca.	—	76 48
(122):(140) =	54 50 ca.	—	54 45
(140):(1$\bar{2}$2) =	100 40 ca.	—	101 34
(122):(100) =	64 45	64 42—64 49	64 45
(122):(001) =	64 13	—	64 19
(122):(111) =	18 4	17 53—18 10	18 5
(122):(1$\bar{1}$1) =	49 25 ca.	—	49 34
(122):($\bar{1}$11) =	68 38	68 29—68 46	68 35
(122):($\bar{1}\bar{1}$1) =	88 0 ca.	—	87 47
(122):(1$\bar{2}$2) =	—	—	51 22
(122):($\bar{1}$22) =	50 36	—	50 31

Farblos, durchsichtig. Die optische Axenebene ist das Brachypinakoid, die erste Bisectrix die a-Axe. Durch (100) treten die Axen aus.

	Li	*Na*	*Tl*
$2H_a$ =	85° 18′	86° 9′	86° 42′
n des Oels	1,4647	1,4678	1,4708
$2E$ =	166°	—	—

Für *Na*- und *Tl*-Licht können die Axen in Luft nicht mehr austreten.

Ref.: W. Muthmann.

53. Ditscheiner (in Wien): **Ueber Goldchloridchlorkalium** (Sitzungsber. k. Akad. Wien 1890 (IIB.), **99**, 250). — Verf. hat das wasserfreie Salz $AuCl_3.KCl$ gemessen und findet völlige Uebereinstimmung mit den Werthen, die Topsoë*) an einem Producte beobachtete, das nach seiner Analyse die Formel $2(AuCl_3.KCl) + H_2O$ besass. Da durch sieben, von A. Leiner sorgfältig ausgeführte Analysen sicher constatirt wurde, dass das von Ditscheiner gemessene Product wasserfrei war, so dürfte dasselbe von dem von Topsoë untersuchten Körper gelten.

Ref.: W. Muthmann.

54. L. Schneider (in Wien): **Studien über chemisch gebundenes Wasser (Hydratwasser, Krystallwasser)** (Ebenda, 186). — Verf. hat für eine Anzahl von krystallwasserhaltigen Salzen die Dichte des in denselben enthaltenen Wassers berechnet und zwar unter der Voraussetzung, dass das Salz selbst die Dichte besitzt, welche man für dasselbe in wasserfreiem Zustande findet; dass also, wenn das spec. Gew. eines solchen Körpers von dem aus den Componenten (wasserfreie Substanz + Wasser) berechneten abweicht, diese Differenz durch eine Aenderung der Dichte des Wassers verursacht wird**).

Er gelangte zu dem Resultate, dass in allen Fällen das spec. Gewicht des Wassers als Krystallwasser ein grösseres ist, als in nicht gebundenem Zustande und zwar fand er für die grösste Mehrzahl der Salze den Werth $\frac{6}{5}$; in einigen wenigen Fällen $\frac{4}{3}$. Zu den ersteren Salzen gehören folgende: $NaBr + 2H_2O$, $BaCl_2 + 2H_2O$, $SrCl_2 + 6H_2O$, $Na_2CO_3 + 10H_2O$, $2NaOH + 7H_2O$, $CaSO_4 + 2H_2O$, $Al_2(SO_4)_3 + 18H_2O$, $Na_2B_4O_7 + 5H_2O$, $Ca(NO_3)_2 + 4H_2O$, $KAl(SO_4)_2 + 12H_2O$, $NH_4Al(SO_4)_2 + 12H_2O$ und $NaAl(SO_4)_2 + 12H_2O$.

Der Werth $\frac{4}{3}$ wurde gefunden für Eisen-, Kupfer-, Zink-, Magnesium- und Mangansulfat.

Ref.: W. Muthmann.

55. A. Frenzel (in Freiberg): **Mineralogisches** (Tschermak's min.-petr. Mitth. 1890, **11**, 214). — Sideronatrit findet sich in faserigen bis breitstengligen, in den reinsten Varietäten seidenglänzenden Aggregaten in Lagen bis 5 cm mächtig im Grubengebiete der Sierra Gorda bei Caracoles (Chile). Farbe gelb mit Stich in's Rothe, Spaltbarkeit vollkommen nach drei Flächen, deren Neigung auf das trikline System deutet. Spec. Gew. = 2,31. SO_3 42,93, Fe_2O_3 22,86, Na_2O 17,49, H_2O 15,66, entsprechend der Formel $2Na_2SO_4 + Fe_2S_2O_9 + 6H_2O$. Das Wasser entweicht bei 300° vollständig. Zum Theil vielleicht Umwandlungsproduct von Hohmannit, mit welchem es zusammen vorkommt. Letzterer bildet wirr- bis radialfaserige Aggregate mit freien Krystallen; er ist frisch in dünnen Blättchen braunroth durchsichtig mit lebhaftem Glasglanze. Spaltbarkeit sehr vollkommen nach {100} und {010}, weniger nach {001}, spec. Gew. = 2,17. Härte 3. SO_3 35,76, Fe_2O_3 37,03, H_2O 27,71, entsprechend $Fe_2O_3.2SO_3 + 7H_2O$. Die Gänge, auf welchen die Mineralien vorkommen, führen silberhaltigen Bleiglanz und Carbonate. Von der Sierra de la Caparrosa zwischen Calama und der Sierra Gorda findet sich gleichfalls Hohmannit in grösser blätterigen, lichter gefärbten Aggregaten in Copiapit, welchem der erstere möglicherweise seine Entstehung verdankt.

*) Wien. Akad.-Ber. 1874, **69**, 261.

**) Diese Annahme scheint mir eine gänzlich willkürliche zu sein. D. Ref.

Quetenit. Monokline oder trikline, prismatische Krystalle, in Kupfervitriol eingewachsen und derbe Massen von rothbrauner Farbe, finden sich auf der Grube Salvador in Quetena, 8 km westl. von Calama. Schwacher Fettglanz, undurchsichtig bis durchscheinend. Härte = 3. Spec. Gew. = 2,08—2,14. Spaltbarkeit ziemlich vollkommen nach zwei Flächen. SO_3 37,37, Fe_2O_3 22,70, MgO 5,92, H_2O 34,01, entsprechend $Fe_2S_2O_9 + MgSO_4 + 13H_2O$. Von Wasser wird er unter Zurücklassung von Eisenoxyd zersetzt und schmeckt schwach vitriolisch.

Gordaït, mit Sideronatrit zusammen in dünnen, farblosen bis lichtgrauen, faserigen Lagen und kleinen verwachsenen, vielleicht triklinen Kryställchen in der Sierra Gorda. Spaltbarkeit vollkommen nach zwei Flächen. Härte $2\frac{1}{2}$—3, spec. Gew. 2,61. SO_3 50,85, Fe_2O_3 19,42, Na_2O 22,36, H_2O 7,33, entsprechend $Fe_2S_2O_9 + Na_6S_3O_{12} + 3H_2O$. Das ganze Wasser entweicht bei 300°.

Amarantit, in Copiapit mit zersetztem Hohmannit, von der Sierra de la Alcaparrosa, in Kupfervitriol von der Grube Salvador in Quetena bei Calama. An beiden Orten und in der Sierra Gorda findet sich feinkörniger Copiapit von gelber oder grüner Farbe, welch' letztere, durch die Einwirkung der intensiven Sonnenstrahlen hervorgebracht, sich im Dunkeln wieder verliert. Römerit, lichtbräunlich, Sierra Gorda, zusammen mit grossen durchscheinenden Krystallen von Atacamit; derselbe, derb dunkelbraun mit Eisenvitriol, Sierra de la Alcaparrosa. Kupfervitriolkrystalle, Grube Salvador in Quetena. Keramohalit, derb und in faserigen Krusten, Sierra de la Caparrosa. Steinsalz als Oberflächenablagerung, Arequipa, Peru. Opal, weiss, trübe in Platten, spec. Gew. 2,00; Ceres zwischen Calama und Ascotan. Martit, schwarz mit rothem Strich, schwach magnetisch, vollkommen spaltbar nach $\{111\}$, Ascotan. Wulfenit, tafelförmige, morgenrothe Krystalle, mit Bleiglanz, San Pedro de Coilpa. Jodblei, Anflug röthlichgelb, Grube Cuatro Ties, Sierra Gorda. Cotunnit, spitzpyramidale, wasserhelle bis bläuliche Krystalle auf Bleiglanz, Sierra Gorda. Fahlerz, schlecht ausgebildete Tetraëder mit 12 % Ag und derb mit Pyrit und Kupferkies, Grube Pulacayo bei Huanchaca, Bolivia. Zinkblende, braun bis schwarz mit Eisenspath, Borco, Bolivia. Turmalin, derb, strahlig, schwarz mit Kieselkupfer verwachsen, Quebrada de Ocharaza Mocha, Valle de Tarapacá. Paposit, röthlichbraun, radialfaserig mit Kupfervitriol von Paposo, ist nach Analyse von Gräbner Fe_2O_3 35,92, SO_3 36,18, H_2O 28,13, entsprechend $Fe_2O_3.2SO_3 + 7H_2O$, also dasselbe wie Hohmannit.

Ref.: E. Weinschenk.

56. J. Gränzer (in Wien): **Das orthoklasähnliche Drusenmineral und der Leucittephrit vom Eulenberge bei Leitmeritz** (Ebenda, 277). — Mit dem von Zepharovich*) beschriebenen Vorkommen wird eine erneute Untersuchung angestellt. Die krystallographischen Messungen ergaben keine Resultate, welche zu irgend einem Schlusse berechtigen, da die dachziegelartig angeordneten Subindividuen, welche in nicht-paralleler Stellung die Krystalle aufbauen, stets ganze Reihen von Reflexen lieferten. Die optische Untersuchung an orientirten Schliffen ergab, dass die Krystalle aus einer Anzahl verschieden gelagerter Theile aufgebaut sind, doch stimmt die optische Orientirung der einzelnen Theile mit Sanidin überein. Das Gleiche gilt für Härte und spec. Gewicht. Die Analyse, welche

*) Diese Zeitschr. 10, 601.

bedeutend besser, als jene Zepharovich's mit der Zusammensetzung des Feldspaths übereinstimmt, ergab SiO_2 65,11, Al_2O_3 18,72, CaO 0,38, MgO 0,31, K_2O 12,87, Na_2O 1,26, H_2O 0,50. Es liegt somit kein Grund vor, an der Orthoklasnatur des Minerals zu zweifeln.

Ref.: E. Weinschenk.

57. C. Dölter (in Graz): **Einige Versuche über die Löslichkeit der Mineralien** (Tschermak's min.-petr. Mitth. 1890, **11**, 319). — Verschiedene Mineralien wurden im geschlossenen Rohre während längerer Zeit der Einwirkung von Reagentien bei etwa 80°*) ausgesetzt, wobei aber stets die Erhitzung Nachts unterbrochen wurde. Die Mengenverhältnisse waren 40—50 ccm Lösung auf 0,5—1 g Mineralsubstanz. Mit Wasser wurde an Sulfiden Lösung und meist auch Umkrystallisation erzielt. Versuchsdauer 30 Tage — Bleiglanz Mte. Poni: gelöst 1,79 %, auf die Wassermenge berechnet 0,027 % — Antimonit Ungarn: 5,01 % resp. 0,085 % — Pyrit Trofajach, Steiermark: 2,99 % resp. 0,10 % — Bournonit Neudorf, Harz: 2,075 % resp. 0,003 % — Arsenkies Altenberg: 1,5 % resp. 0,021 % — Zinkblende Spanien: 0,025 % resp. 0,048 %; bei den beiden letzten keine Neukrystallisation. Bei Kupferkies, Kupferberg, Zersetzung.

Mit Schwefelnatrium entstanden gleichfalls meist Neukrystallisationen. Versuchsdauer 24 Tage, Fundorte wie oben. Bleiglanz: löslich 2,3 %, neugebildete {100} — Antimonit: 100 % — Pyrit: 10,6 %, neugeb. {100} — Zinkblende: 0,62 % — Bournonit: 3,9 %, neugeb. bleigraue Tafeln {100}, {010}; {001}, {hkl} — Arsenkies: 3,2 %, neugebild. Krystalle — Kupferkies: 0,11 %, neugeb. Sphenoide.

Hämatit 22 Tage lang mit aq behandelt: gelöst 6,295 %, auf die Wassermenge berechnet 0,13 % — 23 Tage lang mit kalt gesättigter $NaCl$-Lösung: 2,74 %; bei beiden neugeb. Tafeln — mit 10 % Na_2CO_3-Lösung in 26 Tagen: 1,987 %.

Zinnstein, Schlaggenwald, 22 Tage mit Wasser: 3,335 %, auf die Wassermenge ber. 0,0674 % — 20 Tage mit NaF-haltigem Wasser: 4,24 % resp. 0,08 % (neugeb. Krystalle).

Rutil, Chiusella, in 22 Tagen mit Wasser gelöst: 6,98 %, auf die Wassermenge ber. 0,10 % — in 34 Tagen mit $5\frac{1}{2}$ % NaF-Lösung bei 145° gelöst: 6,54 % resp. 0,18 % (neugeb. bräunliche Krystalle {100}, {110}, {111}).

Anorthit, Vesuv, in 21 [30? der Ref.] Tagen mit Wasser gelöst: 0,03 % — mit 10 % Na_2CO_3-Lösung in 28 Tagen bei 180° ausgelaugt: 3,1 SiO_2, 5,26 Al_2O_3, 12,1 CaO.

Nephelin, Vesuv, in 20 Tagen mit flüssiger Kohlensäure bei 28° erlitt partielle Zersetzung, indem die Hauptmenge von CaO und sehr wenig Al_2O_3 ausgelaugt wurde.

Natrolith verlor durch Wasser in 14 Tagen 18,6 SiO_2, 1,42 CaO — durch 10 % Na_2CO_3-Lösung etwa 22,5 SiO_2, 2 Al_2O_3, 0,5 CaO — durch CO_2-haltiges Wasser bei 120° in 24 Tagen etwa 5 SiO_2, 0,5 CaO, 3,5 Al_2O_3.

Von Chabasit, Aussig, wurden mit CO_2-haltigem Wasser in 14 Tagen bei 130° 2,2 % ausgelaugt, darin $SiO_2 : CaO : Al_2O_3$ 1 : 1,571 : 0 — mit 10 % Na_2CO_3-Lösung in 14 Tagen 3,42 SiO_2, 1,59 CaO; mit flüssiger CO_2 6,35 SiO_2, 2,52 Al_2O_3, 5,53 CaO.

*) Wo im Folgenden die Temperatur nicht näher angegeben ist, wurde bei 80° ge-[illegible]tet.

Heulandit, Island: in Wasser gelöst Spuren — in 10 % Na_2CO_3-Lösung in 14 Tagen 2,81 SiO_2, 0,25 Al_2O_3, 0,93 CaO — in CO_2-haltigem Wasser 3,4 SiO_2, 1 Al_2O_3, 0,5 CaO.

Skolezit: in CO_2-haltigem Wasser theilweise löslich — in 10 % Na_2CO_3-Lösung bei 90° ausgelaugt: 33,89 %, darin 37,2 SiO_2, 4,8 Al_2O_3 und 8,6 CaO [Rest? der Ref.].

Apophyllit, Fassa: in Wasser Spuren löslich — in CO_2-haltigem Wasser bei 120° in 21 Tagen 2,98 %, wovon 1,9 SiO_2.

Gold bei 200°—250° 47 Tage lang mit 10 % Na_2CO_3-Lösung behandelt wurde gelöst: 1,22 % — in 8 % Na_2CO_3, 3 % Natronsilicat und CO_2-haltigem Wasser unter denselben Bedingungen gelöst 0,101 %, daneben wurden neugebildete Gold- sowie Quarzkryställchen beobachtet.

Von den im Obigen besprochenen Mineralien wurden einige in aufgeschlämmtem Zustande auf ihre Reaction untersucht: Zinkblende, Bleiglanz, Arsenkies, Kupferkies, Antimonit reagirten stark alkalisch, Bournonit, Rutil, Zinnstein, Hämatit schwach alkalisch, Pyrit schwach sauer.

Ref.: E. Weinschenk.

58. A. Pelikan (in Wien): **Natürliche Aetzung an Topaskrystallen von San Luis Potosi in Mexico** (Tschermak's min.-petr. Mitth. 1890, **11**, 331). — Krystalle der Combination {111}, {112}, {113}, {110}, {120}, {021}, {011}, {101}, {010}, {001} erwiesen sich in sehr verschiedener Weise geätzt und zwar ist oft auch an zusammengehörigen Flächen eines Krystalles diese Verschiedenheit vorhanden, so zeigt (021) wenige, grosse, (0$\bar{2}$1) zahlreiche, kleine Aetzgrübchen; Aetzhügel sind nicht vorhanden, Prärosionsflächen überall deutlich als erstes Stadium der Aetzung. Die Aetzfiguren entsprechen auf allen Flächen der Symmetrie des Krystalles mit Ausnahme von {021}, wo der Verf. asymmetrische Figuren fand; im Uebrigen stimmen sie vollständig mit den von Baumhauer durch schmelzendes Aetzkali hervorgebrachten überein. Die Aetzflächen liegen in Zonen, welche theils über krystallographisch wichtige Flächen führen, deren Kanten auch die Erscheinung der Prärosion am Deutlichsten zeigen und äusserst schmale, aber scharfe Flächen erkennen lassen, theils gehören sie Zonen untergeordneter oder gar nicht ausgebildeter Flächen an. Von den einzelnen Zonen lassen sich, namentlich wenn sie gegen alle Symmetrieebenen geneigt sind, Abweichungen constatiren, welche bis 4° ansteigen. Die wichtigsten Aetzzonen sind: [110 : 111], [101 : 111], [111 : 011], [110 : 120], [120 : 021], [111 : 021], [111 : 010], daneben [100 : 001] und [010 : 001]. Die Prärosionsflächen liegen auf Kante (110):(1$\bar{1}$0) nahe an (540) und (310); auf Kante (111):(110) an (14.14.1), (772), (332); auf Kante (111):(021) an (1.21.11), (243), (9.11.10); auf Kante (021):(120) an (7.22.4), (1.10.4), (1.16.7), (1.18.8). An den übrigen Kanten liessen sich Messungen nicht ausführen. An einem verzerrten Krystalle waren die Kanten (111):(021), (111):(110) und (021):(120) von schaligen Vertiefungen begleitet

Ref.: E. Weinschenk.

59. F. Becke (in Prag): **Aetzversuche am Fluorit** (Ebenda, 349). — Untersucht wurden: Farblose Würfel vom Calvarienberge bei Bozen, blassweingelbe Würfel von Freiberg i. S., Würfel von Cornwall und fluorescirende Würfel, Durchwachsungszwillinge von Cumberland. Geätzt wurde ebenso wie früher mit

Salzsäure, Schwefelsäure, Natriumcarbonat, Kaliumnatriumcarbonat und Aetznatron. Für die Aetzung des Fluorit, welcher ein Mineral von ziemlich »unvollkommener Aetzbarkeit« ist, lassen sich folgende Regeln aufstellen: Bei Aetzung mit Säure sind primäre Aetzflächen $\{111\}$ und $\{100\}$, primäre Aetzzonen die $\{h11\}$- und $\{hh1\}$-Zonen. Aetzfiguren auf $\{100\}$ sind vierseitig, gebildet von $\{h11\}$; auf $\{111\}$ dreiseitig, gebildet von $\{h11\}$ oder sechsseitig von $\{h11\}$ und $\{hh1\}$. Auf den Flächen von $\{110\}$ entstehen disymmetrische, auf $\{h11\}$ und $\{hh1\}$ monosymmetrische, parallel der Aetzzone rinnenförmige Figuren; $\{h0l\}$ hat monosymmetrische Aetzhügel. Für die Aetzung mit Alkalien tauschen Ikositetraëder und Tetrakishexaëder ihre Rollen, ersteres liegt nun ausserhalb der Aetzzone und trägt in Folge dessen Aetzhügel, letzteres liegt in derselben und trägt nach der Aetzzone rinnenförmige Vertiefungen. Eine Reihe von Versuchen wurde des weiteren angestellt, um den Einfluss der Concentration und der Temperatur auf die Lage der Aetzfiguren zu erkennen. Es ergab sich für die $\{111\}$-Fläche, dass mit 5 % HCl nur $\{h11\}$-Figuren entstehen, bei stärkerer Säure treten $\{hh1\}$-Flächen hinzu, welche sich im gleichen Maasse immer mehr von der $\{111\}$-Fläche entfernen, als sich die $\{h11\}$-Flächen derselben nähern. Bei einer Concentration von 12—14 % sind $\{h11\}$ und $\{hh1\}$ im Gleichgewichte; sehr ähnlich ist auch der Einfluss einer Temperaturerhöhung.

Sehr häufig sind am Fluorit anomale Aetzfiguren, welche stets mit anomaler Doppelbrechung verknüpft sind, und es lässt sich in vielen Fällen der directe Nachweis eines Zusammenhanges zwischen anomalen Aetzfiguren und anomaler Doppelbrechung geben. Der Krystall erscheint dann aufgebaut aus kegelförmigen Theilen, deren jeder durch Substanzansatz auf einer Fläche entstanden ist. Auf Flächen durch die Mitte des Krystalles kann man so viele Sectoren constatiren, als dieselbe Anwachskegel schneidet, auf den natürlichen Flächen aber ist eine Anomalie nicht zu beobachten. Die Aetzfiguren sind dann entweder in der Richtung der Axe des Anwachskegels oder in der Ebene normal dazu abnorm vertieft.

Die Lösungsgeschwindigkeit lässt sich durch eine stetig gekrümmte Fläche, die Lösungsoberfläche, darstellen, deren Minima den Normalen von $\{100\}$ $\{111\}$ $\{110\}$ entsprechen, zwischen welchen je ein Zwischenmaximum liegt. Die Reihenfolge der Minima und Maxima ist für Säureätzung: Minima 1. $\perp(100)$, 2. $\perp(111)$, 3. $\perp(110)$; Maxima 1. $\perp(h11)$, 2. $\perp(hh1)$, 3. $\perp(h0k)$; für Alkalienätzung ist jede der Reihen umgekehrt. Flächen mit sehr kleinem Minimum tragen die schärfsten Aetzfiguren, die Flächen des grössten Zwischenmaximums Aetzhügel. Auf Flächen, in welchen sich mehrere Zonen kreuzen, liegen die Seitenflächen der tieferen, dem Vicinalbereiche der geätzten Fläche entzogenen Aetzfiguren in den Zonen mit dem kleineren Zwischenmaximum. Es herrscht ferner ein Zusammenhang zwischen der Krystallform und der Lösungsoberfläche der wachsende Krystall umgiebt sich mit Flächen kleinster Löslichkeit. Aus den Aetzversuchen wird ferner der Schluss gezogen, dass die Molekularstructur des Flussspathes durch das oktaëdrische Raumgitter von Bravais als erste Annäherung dargestellt wird; die Ca-Atome sind mehr der $\{110\}$-, die F-Atome der $\{100\}$-Fläche zugewandt.

Ref.: R. Weinschenk.

60. A. Klebel (in Czernowitz): **Berechnung von H. Niedmann's Biegungsversuchen an Kreisplatten von Baryt** (Tschermak's miner. und petrogr. Mitth. 1890, 11, 261—269). — Aus den Biegungen einer kreisförmigen Baryt-

platte berechnete Niedmann (diese Zeitschr. **13**, 362) nach der vom Referenten entwickelten Formel (diese Zeitschr. **10**, 43) die Elasticitätscoëfficienten.

Da eine strengere theoretische Durchführung zu Schwierigkeiten führte, so waren vom Referenten bei der Ableitung genannter Formel die beiden Annahmen gemacht worden:

1) Die Biegung der Platte soll nur in Ebenen stattfinden, die der xz-Ebene parallel sind,

2) die Krümmung der Platte soll dieselbe sein für alle Punkte, welche in einer der xz-Ebene parallelen Ebene liegen (die x-Axe steht senkrecht zu den beiden Lagerkanten, die z-Axe senkrecht zur Platte).

Da bei kreisförmigen Platten eine völlige Erfüllung dieser Bedingungen von vornherein nicht anzunehmen ist, war eine genaue Uebereinstimmung der mit Hülfe dieser Formel berechneten Coëfficienten mit den aus der Biegung von Stäbchen gewonnenen Resultaten auch nicht erwartet worden. Die Beobachtungen an kreisförmigen Platten sollten eventuell nur über den Verlauf der Biegungscurve, d. h. die Verhältnisswerthe der Coëfficienten für verschiedene Richtungen einer Substanz Aufschluss geben.

Niedmann ermittelte ausser mit Hülfe von Kreisscheiben parallel den drei krystallographischen Axenebenen auch an Stäbchen parallel den drei krystallographischen Axen die drei zugehörigen Biegungscoëfficienten und fand die Verhältnisse:

$$\frac{E_c}{E_b} = 1,569 ; \quad \frac{E_c}{E_a} = 1,306 .$$

Durch Biegung der drei Kreisplatten erhielt er:

$$\frac{E_c'}{E_b'} = 1,55 \text{ und } 1,54 ; \quad \frac{E_c'}{E_a'} = 1,32 \text{ und } 1,348.$$

In Folge der Uebereinstimmung dieser beiden Verhältnisse schloss Niedmann, dass auch die aus den Beobachtungen an den Kreisplatten gewonnenen Verhältnisszahlen für die übrigen Richtungen zur Darstellung der Biegungscurve genügten.

Kiebel berechnete aus diesen an Kreisplatten ermittelten Niedmannschen Verhältnisszahlen nach der Methode der kleinsten Quadrate die Gleichung der Biegungsfläche; er fand, dass sie der von Voigt theoretisch für das rhombische System abgeleiteten Gleichung:

$$\frac{1}{E} = A\alpha^4 + B\beta^4 + C\gamma^4 + D\alpha^2\beta^2 + F\beta^2\gamma^2 + H\gamma^2\alpha^2 ,$$

worin E den Biegungswiderstand, α, β, γ die drei Richtungscosinus der Längsrichtung eines Stäbchens und A, B, C, D, F, H Constanten bedeuten, entspricht. Die aus den Niedmann'schen Verhältnisszahlen abgeleitete Gleichung der Fläche lautet:

$$\frac{1}{E} = 1,331\alpha^4 + 1,536\,\beta^4 + \gamma^4 + 2,197\,\alpha^2\beta^2 + 4,390\,\beta^2\gamma^2 + 2,443\,\gamma^2\alpha^2.$$

Niedmann hat an einer Platte ∦(100) in 23, an einer solchen ∦(010) in 11 und an einer solchen ∦(001) in 24 verschiedenen Richtungen die Biegungsbeobachtungen vorgenommen. Die Abweichungen der einzelnen hieraus abge-

leiteten Verhältnisszahlen von der obigen Gleichung sind nur ganz vereinzelt mehr als 1 %; die durchschnittliche Abweichung beträgt weniger als ½ %.

Vergleicht man die obige Gleichung mit der nur aus Beobachtungen an Stäbchen von Voigt gewonnene Gleichung für den Baryt:

$$10^8 \cdot \frac{1}{E} = 13,93\,\alpha^4 + 16,07\,\beta^4 + 10,42\,\gamma^4 + 2(11,50\,\alpha^2\beta^2 + 22,89\,\beta^2\gamma^2 + 12,74\,\gamma^2\alpha^2),$$

so »zeigt sich selbst in den relativen Werthen der Coëfficienten eine mässige Uebereinstimmung; die vorhandenen Unterschiede lassen, wie Voigt (Nachrichten d. kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1887, S. 624 (Gl. 34)) schon hervorhob, die Verschiedenheiten der Grösse $\frac{1}{E}$ bei Beobachtungen an Kreisscheiben bedeutend verringert erscheinen«..

Zur Controle seiner Messungen hat Niedmann noch eine Platte aus dem Krystalle herausgeschnitten, welche zur Verticalen parallel war und mit dem Makropinakoid den Winkel von 20° 27′ einschloss.

Die Beobachtungen an dieser Platte stimmen weniger gut mit obiger Gleichung; dass dieser Mangel jedoch in den Messungen und nicht in der Theorie begründet ist, folgt schon daraus, dass gleichwerthige Richtungen ebenso grosse Differenzen aufweisen.

»Aus der ganzen Discussion dürfte hervorgehen«, schliesst der Verf., »dass die Beobachtung der Biegung an Kreisplatten ein, wenn auch nicht genaues, so doch richtiges Bild von der Vertheilung der Elasticitätscoëfficienten in Krystallen giebt. Da diese Methode wegen der leichteren Beschaffung des Materials gegenüber der exacten Bestimmung der Elasticitätsconstanten durch Biegung und Drillung von Stäbchen unleugbar einen gewissen Vorsprung hat, so dürfte dieselbe immerhin in vielen Fällen anwendbar sein.«

Ref.: J. Beckenkamp.

61. F. W. Küster (in Marburg): **Schmelzpunkt isomorpher Mischungen** (Zeitschr. f. physik. Chem. 1890, **5**, 601). — Der Verf. wirft die Frage auf, ob die Schmelzpunkte isomorpher Mischungen sich aus den Schmelzpunkten der Componenten nach der Mischungsregel berechnen lassen, wie es für verschiedene optische Eigenschaften und das specifische Gewicht nachgewiesen ist. Es muss dies der Fall sein, wenn beim Abkühlen einer geschmolzenen Mischung zweier isomorpher Körper das System zu einem homogenen isomorphen Gemisch erstarrt, das bei theilweiser Krystallisation dieselbe Zusammensetzung hat wie das flüssig bleibende; scheidet sich dagegen bei theilweiser Erstarrung eines solchen Gemisches einer der Componenten allein ab, so hat derselbe lediglich als Lösungsmittel für den zweiten gewirkt und es muss sich der Erstarrungs- resp. Schmelzpunkt aus dem Raoult'schen Gesetze ergeben.

Als Material für seine Untersuchung dienten dem Verf. das Hexachlor-α-keto-γ-R-penten, C_5Cl_6O, und Pentachlormonobrom-α-keto-γ-R-penten, C_5Cl_5BrO. Die Isomorphie der beiden physikalisch und chemisch sehr ähnlichen Körper wurde durch eine Messung nachgewiesen; die Krystalle sind monosymmetrisch und zeigen übereinstimmend als vorherrschende Formen die positive und negative Hemipyramide, daneben untergeordnet {001}, {010} und zuweilen {011}. Die Messung ergab:

	für C_5Cl_6O	für C_5Cl_5BrO
(111):(001) =	67° 39′ 30″	68° 23′
(001):($\bar{1}\bar{1}1$) =	69 54 30	70 15 30″
($\bar{1}\bar{1}1$):($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) =	42 25	41 21 30

Für den Körper C_5Cl_5BrO berechnet der Verf. das Axenverhältniss $a:b:c = 0,60339:1:1,3388$; $\beta = 91^\circ 9'$ *).

Der Verf. stellte nun Mischungen der beiden Substanzen in den verschiedensten Verhältnissen dar und bestimmte mit dem Beckmann'schen Apparate den Erstarrungspunkt. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Angewandte Substanz		Moleküle C_5Cl_5BrO unter 100 Molekülen	Erstarrungstemperatur		Differenz
C_5Cl_6O	C_5Cl_5BrO		Beobachtet	Berechnet	
26,998 g	0,000 g	0,00	87,50°; 87,50°	—	—
-	1,740	5,29	87,97 ; 88,00	88,04°	— 0,05°
-	2,9505	8,65	88,30 ; 88,29	88,38	— 0,08
-	5,194	14,29	88,80 ; 88,80	88,96	— 0,16
-	6,5775	17,47	89,10 ; 89,11	89,28	— 0,18
-	10,567	25,32	89,85 ; 89,85	90,09	— 0,24
-	13,321	29,95	90,30 ; 90,29	90,55	— 0,25
-	22,8125	42,26	91,60 ; 91,61	91,81	— 0,21
9,237	15,2865	58,91	93,26 ; 93,27	93,51	— 0,25
5,320	-	71,33	94,58 ; 94,59	94,78	— 0,20
2,897	-	82,09	95,74 ; 95,74	95,88	— 0,14
1,398	-	90,45	96,68 ; 96,66	96,74	— 0,07
0,2695	-	98,00	97,48 ; 97,49	97,50	— 0,02
0,000	-	100,00	97,71 ; 97,71	—	—

Stellt man das Resultat graphisch dar, indem man die Erstarrungstemperaturen als Ordinaten, die Moleküle von C_5Cl_5BrO in Procenten als Abscissen einträgt, so erhält man eine Curve, die nur äusserst wenig von der Geraden abweicht, welche sich ergeben müsste, wenn die Eigenschaften isomorpher Mischungen scharf durch die Eigenschaften der Componenten bestimmbar sind; die grösste Abweichung der beobachteten von den berechneten Werthen beträgt nur 0,25° und es ist damit die Gültigkeit des obigen Satzes auch für die Schmelzpunkte isomorpher Mischungen experimentell bewiesen. Zu bemerken ist, dass die theoretischen Werthe unter Zugrundelegung des molekularen Verhältnisses, nicht des Verhältnisses der Massen der beiden Substanzen berechnet sind.

Dass bei theilweiser Ausscheidung die Krystalle dieselbe Zusammensetzung wie die restirende Flüssigkeit hatten, bewies der Verf. folgendermassen: Nach dem Auftreten der ersten Ausscheidung wurde die Temperatur constant etwa 2°—3° unter dem jeweiligen Erstarrungspunkte gehalten und dafür Sorge getragen, dass die Krystallisation so langsam fortschritt, dass die Masse etwa nach ½ Stunde vollkommen erstarrt war. Temperaturbeobachtungen für die verschiedensten Mischungsverhältnisse zeigten, dass während der ganzen Versuchsdauer die Tem-

*) Anm. d. Ref. Da unter den vom Verf. angegebenen Winkeln nur zwei von einander unabhängige sich befinden, so lässt sich aus denselben das Axenverhältniss nicht berechnen.

peratur nie mehr als 0,15° bis höchstens 0,25° sank, ein Beweis, dass die Zusammensetzung des Schmelzflusses durch die fortschreitende Ausscheidung nicht geändert wurde.

Wenn die beiden isomorphen Körper nicht in jedem Verhältnisse zusammenkrystallisiren, so ist der Erstarrungspunkt nach der Mischungsregel natürlich nur so lange berechenbar, als noch homogenes Erstarren stattfindet.

Ref.: W. Muthmann.

62. K. Vrba (in Prag): **Krystallform einiger anorganischer Substanzen.**

1. Uranylkaliumchromat, $K_2CrO_4 . 2UO_2CrO_4 . 6H_2O$.

Dargestellt von J. Formánek (Liebig's Ann. d. Chem. 1890, **257**, 104).

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,7566 : 1 : 0,9714; \quad \beta = 107^\circ 22'.$$

Beobachtete Formen: $\{010\}\infty R\infty$, $\{100\}\infty P\infty$, $\{110\}\infty P$, $\{011\}R\infty$. Tafeln nach der Symmetrieebene; selten Zwillinge nach dem Orthopinakoid. Farbe gelb; die Flächen waren meist gekrümmt, die Reflexe undeutlich.

	Gemessen:	Berechnet:
(010):(110) =	*54° 10'	—
(010):(011) =	*47 10	—
(110):(011) =	*54 52	—
(100):(011) =	—	77° 21'

2. Uranylammoniumchromat, $(NH_4)_2CrO_4 . 2UO_2CrO_4 . 6H_2O$.

Dies Salz ist, wie zu erwarten, mit dem Kaliumsalze völlig isomorph; Habitus und auftretende Formen sind bei beiden fast übereinstimmend, doch fehlt beim Ammoniumsalz das Orthopinakoid und wurde bei demselben auch keine Zwillingsbildung beobachtet.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,8016 : 1 : 1,0196; \quad \beta = 107^\circ 29'.$$

	Gemessen:	Berechnet:
(010):(110) =	*52° 36'	—
(010):(011) =	*45 48	—
(110):(011) =	*53 31	—

3. Secundäres monosulfarsensaures Natrium, $Na_2HAsSO_3 + 8H_2O$.

Dargestellt von K. Preis, ebenda, 183. Wasserhelle, schöne, grosse Krystalle.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 1,0334 : 1 : 1,07065;$$
$$\alpha = 94^\circ 25', \quad \beta = 114^\circ 7', \quad \gamma = 87^\circ 28.$$

Nähere Angaben fehlen im Original.

4. Trisulfarsensaures Natrium, $Na_2O.2As_2S_3O_2.7H_2O$.

Dargestellt von Demselben, ebenda, 189.

Krystallsystem: Hexagonal.

Beobachtete Formen: $\{0001\}0P$ vorherrschend; ausserdem $\{10\bar{1}1\}P$ und $\{10\bar{1}0\}\infty P$. Es wurde gemessen: $(0001):(10\bar{1}1) = 83^0 30'$ und $(10\bar{1}1):(01\bar{1}1) = 59^0 3'$.

Farbe: granatroth. Durch die Basis sieht man das einaxige Kreuz. Doppelbrechung negativ.

Ref.: W. Muthmann.

63. L. Buchrucker (in München): **Krystallform des formaldehydschwefligsauren Kaliums und Natriums.** Dargestellt von K. Kraut (Liebig's Ann. d. Chem. 1890, **258**, 107).

1. Kaliumsalz, $CH_2O, KHSO_3$.

Es lagen dem Verf. zwei Producte vor, deren Identität nicht ganz zweifellos ist. Das erste, durch Umkrystallisiren erhaltene, bildet sehr rasch verwitternde, dünntafelförmige Krystalle, deren Messung folgendes Resultat ergab:

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 2,8400 : 1 : 1,0368; \quad \beta = 98^0 12\tfrac{1}{2}'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{110\}\infty P$, $\{211\}-2P2$, $\{011\}P\infty$. Selten Zwillinge nach dem Orthopinakoid.

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(100)$	$= {}^*70^0 25'$	—
$(011):(100)$	$= {}^*84\ 17$	—
$(011):(0\bar{1}1)$	$= {}^*91\ 29$	—
$(211):(\bar{2}11)$	$= 75\ 45$	$75^0 44\frac{1}{2}'$
$(211):(100)$	$= 58\ 48\frac{1}{2}$	$58\ 31\frac{1}{2}$

Spaltbarkeit vollkommen nach $\{100\}$.

Optische Axenebene $\{010\}$. Die erste Bisectrix steht beinahe senkrecht zu $\{100\}$, $2E = 98^0$ für Natriumlicht.

Das zweite Product bestand aus grossen Krystallen, die nicht verwitterten.

Auf das Axenverhältniss der oben beschriebenen Krystalle bezogen, zeigen dieselben folgende Formen: $\{\bar{2}11\}+2P2$, $\{\bar{2}01\}+2P\infty$, $\{100\}\infty P\infty$, $\{111\}-P$. Es sind dies ganz andere Formen als die an dem ersten Producte beobachteten; auch der Habitus ist ein anderer; die Krystalle bilden nämlich lange Prismen nach $\{\bar{2}11\}$.

Die gemessenen Winkel sind folgende:

	Beobachtet:	Berechnet nach Prod. 1:
$(\bar{2}11):(\bar{2}\bar{1}1)$	$= 86^0 26'$	$86^0 20\frac{2}{3}'$
$(111):(1\bar{1}1)$	$= 89\ \ 7$	$89\ \ 8$
$(\bar{2}11):(\bar{1}00)$	$= 67\ 51$	$68\ 16\frac{1}{2}$
$(111):(100)$	$= 58\ 48\frac{1}{2}$	$59\ 18\frac{2}{3}$

Die Spaltbarkeit nach {100} ist am zweiten Producte nicht so vollkommen, wie am ersten, die optischen Eigenschaften jedoch, soweit festzustellen, an beiden übereinstimmend.

2. Natriumsalz, $CH_2O.NaHSO_3 + H_2O$.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a:b:c = 1,7750:1:0,6251;$$
$$\beta = 111^0 59'.$$

Beobachtete Formen: {100}∞P∞, {110}∞P, {011}P∞, untergeordnet {$\bar{1}$44}+4P4, {010}∞P∞. Dünne Tafeln nach dem Orthopinakoid.

	Gemessen:	Berechnet:
(100):(110) =	*58° 42½'	—
(100):(011) =	*71 6½	—
(011):(0$\bar{1}$1) =	*60 12	—
($\bar{1}$44):($\bar{1}$00) =	46 34½	46° 36'
($\bar{1}$44):($\bar{1}\bar{4}$4) =	45 11	45 18

Spaltbarkeit vollkommen nach (100).

Die optische Axenebene ist zur Symmetrieebene senkrecht, die zweite Bisectrix fast senkrecht zu (100); $2H_0$ in Oel = 144° 37' für Natriumlicht.

Ref.: W. Muthmann.

VIII. Sundtit, ein neues Mineral von Oruro in Bolivia.

Von

W. C. Brögger in Christiania.

(Mit 1 Textfigur.)

Von Herrn Grubendirector L. Sundt in Chile erhielt das mineralogische Institut der Universität zu Christiania in diesem Herbste unter anderen Gaben auch eine kleine Anzahl ausgezeichneter Stufen eines unbekannten Silbererzes von den Silbergruben in Oruro, Bolivia; Herr Sundt hatte schon vor mehreren Jahren diese Stufen von einem Arbeiter, welcher bei einer Grube in Oruro angestellt gewesen war, erhalten, während er Director der Kupfergruben bei Corocoro in Bolivia war; von welcher Grube in Oruro die betreffenden Stufen stammen, darüber konnte Herr Sundt bei seinem Besuche im Vaterlande leider keine nähere Auskunft geben.

Die eben genannten Silbererzstufen bestehen zum wesentlichsten Theile aus einem derben, fahlerzähnlichen Minerale, mit starkem Metallglanze auf frischen Bruchflächen; ausser diesem Minerale enthalten die Stufen in untergeordneter Menge Antimonglanz in feinen Nadeln und filzartigen Massen, ferner Schwefelkies, zum Theil in vorzüglich scharf ausgebildeten Kryställchen ({100} und {111}).

Einige der Stufen enthalten das fahlerzähnliche Mineral in wohl ausgebildeten Krystallen, aufgewachsen auf Drusenräumen in dem derben Erz; an der grössten Stufe sind die Krystalle bis 1 cm lang, hier aber matt oder wenig glänzend; an einer kleinen Stufe fanden sich dagegen stark metallglänzende, flächenreiche Krystalle, welche genau messbar waren.

Schon die ersten orientirten Messungen zeigten, dass das Mineral dem rhombischen Krystallsysteme und zwar der holoëdrischen Gruppe desselben angehörig ist; die nähere Untersuchung lehrte, dass eine unbekannte Species vorliegen musste, was auch durch die chemische Analyse bestätigt wurde.

Für dies neue Mineral wird hiermit der Name Sundtit, nach dem Entdecker desselben, vorgeschlagen.

Der derbe Sundtit erinnert, wie oben erwähnt, an Fahlerz oder Bournonit; die Farbe ist stahlgrau, der Strich matt schwarz. An Bruchflächen und Krystallflächen des frischen Minerals starker Metallglanz; der Bruch ist muschelig, hervortretende Spaltbarkeitsrichtungen sind nicht vorhanden; das Mineral ist sehr spröde. H. = 3—4; spec. Gew. = 5,50.

Der Berechnung des Axenverhältnisses wurden folgende ausgezeichnete Messungen an vier Flächen der Pyramide v eines und desselben Krystalles zu Grunde gelegt:

$$\left.\begin{array}{l} v : v' = 23^{0}54' \\ v'' : v''' = 23\ \ 55 \end{array}\right\} \text{M.} = 23^{0}54\tfrac{1}{2}'$$

$$\left.\begin{array}{l} v' : v'' = 35\ \ 37 \\ v : v''' = 35\ \ 38 \end{array}\right\} \text{M.} = 35\ \ 37\tfrac{1}{2}$$

woraus das Axenverhältniss:

$$a' : b' : c' = 0{,}677107 : 1 : 0{,}222893.$$

Wird $v = \{112\}\frac{1}{2}P$ gesetzt, so erhält man:

$$\boldsymbol{a : b : c = 0{,}677107 : 1 : 0{,}445786},$$

ein Axenverhältniss, welches wahrscheinlich in der vierten Decimale ziemlich genau ist.

Berechnet auf dies Axenverhältniss wurden folgende 21 einzelne sicher bestimmte Krystallformen beobachtet:

$a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$ $\quad x = \{011\}\breve{P}\infty$ $\quad v = \{112\}\frac{1}{2}P$
$b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$ $\quad \gamma = \{021\}2\breve{P}\infty$ $\quad p = \{111\}P$
$c = \{001\}0P$ $\quad y = \{031\}3\breve{P}\infty$ $\quad z = \{332\}\frac{3}{2}P$
$n = \{210\}\infty\bar{P}2$ $\quad h = \{102\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$ $\quad q = \{221\}2P$
$m = \{110\}\infty P$ $\quad f = \{101\}\bar{P}\infty$ $\quad r = \{121\}2\breve{P}2$
$l = \{230\}\infty\breve{P}\frac{3}{2}$ $\quad e = \{302\}\frac{3}{2}\bar{P}\infty$ $\quad \omega = \{132\}\frac{3}{2}\breve{P}3$
$g = \{250\}\infty\breve{P}\frac{5}{2}$ $\quad d = \{601\}6\bar{P}\infty$ $\quad s = \{211\}2\bar{P}2.$

Die Uebereinstimmung der berechneten und der gemessenen Winkelwerthe geht aus der folgenden Tabelle hervor; sämmtliche Winkel sind nur an zwei auserlesenen Krystallen gemessen.

		Berechnet:	Gemessen:
$a : g$	$= (100):(250) =$	$59^{0}30'$	$59^{0}29\frac{1}{2}'$
$a : b$	$= (100):(230) =$	$45\ \ 26\frac{3}{4}$	$45\ \ 25\frac{1}{2}$
$a : m$	$= (100):(110) =$	$34\ \ \ 6$	$34\ \ \ 7\frac{1}{2}$
$a : n$	$= (100):(210) =$	$18\ \ 42$	$18\ \ 38\frac{1}{2}$
$a : b$	$= (100):(010) =$	90	$90\ \ \ 0\frac{1}{2}$
$g : 'g$	$= (250):(2\bar{5}0) =$	119	—
$l : 'l$	$= (230):(2\bar{3}0) =$	$90\ \ 53\frac{1}{2}$	$90\ \ 49$
$m : 'm$	$= (110):(1\bar{1}0) =$	$68\ \ 12$	$68\ \ \ 4$

		Berechnet:	Gemessen:
$n : {}'n$	$= (210):(2\bar{1}0) =$	37° 24′	37° 21′
$a : h$	$= (100):(102) =$	71 46¾	—
$c : h$	$= (001):(102) =$	18 13¼	18 14
$a : f$	$= (100):(101) =$	56 38½	56 38
$c : f$	$= (001):(101) =$	33 21½	—
$a : e$	$= (100):(302) =$	45 21½	45 24½
$c : e$	$= (001):(302) =$	44 38½	—
$a : d$	$= (100):(601) =$	14 12½	14 20
$c : d$	$= (001):(601) =$	75 47½	—
$a : c$	$= (100):(001) =$	90 0	90 0
$h : h'$	$= (102):(\bar{1}02) =$	36 26½	36 28
$f : f'$	$= (101):(\bar{1}01) =$	66 43	66 43
$e : e'$	$= (302):(\bar{3}02) =$	89 9	89 11
$d : d'$	$= (601):(\bar{6}01) =$	151 35	—
$b : x$	$= (010):(011) =$	65 58½	66 2
$c : x$	$= (001):(011) =$	24 1½	24 1
$b : \gamma$	$= (010):(021) =$	48 17	48 16
$c : \gamma$	$= (001):(021) =$	41 43	—
$b : y$	$= (010):(031) =$	36 47¼	36 55
$c : y$	$= (001):(031) =$	53 12¾	—
$b : c$	$= (010):(001) =$	90 0	90 0
$x : {}'x$	$= (011):(0\bar{1}1) =$	48 3	48 1½
$\gamma : {}'\gamma$	$= (021):(0\bar{2}1) =$	83 26	—
$y : {}'y$	$= (031):(0\bar{3}1) =$	106 25½	—
$a : v$	$= (100):(112) =$	72 11¼	72 11
$a : p$	$= (100):(111) =$	58 59	59 6
$a : z$	$= (100):(332) =$	50 37	—
$a : q$	$= (100):(221) =$	45 29¾	45 28
$b : v$	$= (010):(112) =$	78 2¾	78 3
$b : p$	$= (010):(111) =$	69 34¾	—
$b : z$	$= (010):(332) =$	64 33½	64 25
$b : q$	$= (010):(221) =$	61 40¼	61 42
$m : v$	$= (110):(112) =$	68 19	68 21
$m : p$	$= (110):(111) =$	51 30¾	51 28
$m : z$	$= (110):(332) =$	39 58¾	39 56
$m : q$	$= (110):(221) =$	32 11	32 12
$v : v'$	$= (112):(\bar{1}12) =$	*35 37½	*35 37½
$v : {}'v$	$= (112):(1\bar{1}2) =$	*23 54½	*23 54½
$v : v_{,}$	$= (112):(11\bar{2}) =$	136 38	—
$p : p'$	$= (111):(\bar{1}11) =$	62 2	61 48
$p : {}'p$	$= (111):(1\bar{1}1) =$	40 50½	—

	Berechnet:	Gemessen:
$p : p, = (111):(11\bar{1}) =$	$103^\circ\ 1\frac{1}{2}'$	—
$z : z' = (332):(\bar{3}32) =$	78 46	—
$z : 'z = (332):(3\bar{3}2) =$	50 53	—
$z : z, = (332):(33\bar{2}) =$	79 $57\frac{1}{2}$	—
$q : q' = (221):(\bar{2}21) =$	89 $0\frac{1}{2}$	$89^\circ 10'$
$q : 'q = (221):(2\bar{2}1) =$	56 $39\frac{1}{2}$	56 $35\frac{1}{2}$
$q : q, = (221):(22\bar{1}) =$	64 22	—
$a : r = (100):(121) =$	63 $50\frac{1}{2}$	63 52
$b : r = (010):(121) =$	53 $19\frac{1}{2}$	53 27
$c : r = (001):(121) =$	47 $56\frac{1}{4}$	—
$r : r' = (121):(\bar{1}21) =$	52 19	52 10
$r : 'r = (121):(1\bar{2}1) =$	73 21	73 0
$r : r, = (121):(12\bar{1}) =$	84 $7\frac{1}{2}$	—
$a : s = (100):(211) =$	39 $44\frac{1}{2}$	39 55
$b : s = (010):(211) =$	74 $54\frac{3}{4}$	75 2
$c : s = (001):(211) =$	54 $16\frac{1}{4}$	—
$s : s' = (211):(\bar{2}11) =$	100 31	—
$s : 's = (211):(2\bar{1}1) =$	30 $10\frac{1}{2}$	30 2
$s : s, = (211):(21\bar{1}) =$	71 $27\frac{1}{2}$	—
$a : \omega = (100):(132) =$	74 $41\frac{3}{4}$	74 $43\frac{1}{2}$
$b : \omega = (010):(132) =$	57 $34\frac{3}{4}$	57 $35\frac{1}{2}$
$c : \omega = (001):(132) =$	36 42	—
$\omega : \omega' = (132):(\bar{1}32) =$	30 $36\frac{1}{2}$	30 30
$\omega : '\omega = (132):(1\bar{3}2) =$	64 $50\frac{1}{2}$	—
$\omega : \omega, = (132):(13\bar{2}) =$	106 36	—

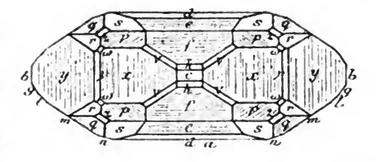
Von den auftretenden Formen wurden an dem einen der gemessenen Krystalle sämmtliche angegebenen Formen ausser $\{001\}0P$ beobachtet; diese Form trat dagegen, obwohl ganz klein, deutlich ausgebildet an dem zweiten gemessenen Krystalle auf; in der Regel dürfte aber die Basis fehlen.

In der Verticalzone sind bei den meisten Krystallen die Flächen des Makropinakoids ganz vorherrschend, so dass eine dicktafelige Ausbildung nach diesem Pinakoide recht häufig ist; das Brachypinakoid ist dagegen immer ganz untergeordnet. Von den Verticalprismen ist $m\{110\}$ vorherrschend, die übrigen sind gewöhnlich ganz schmal. Bisweilen sind die Flächen des Grundprismas und des Makropinakoides ziemlich gleichmässig ausgebildet, wodurch die Krystalle in der Verticalzone einen pseudohexagonalen Habitus erhalten. Sämmtliche Verticalprismen, sowie auch das Makropinakoid sind gewöhnlich vertical gestreift.

Am Ende der Krystalle sind in der Regel die Flächen von $x\{011\}$ und $y\{031\}$, sowie von $f\{101\}$ und $h\{102\}$ vorherrschend; die letztere Form ist

jedoch häufig auch nur ganz untergeordnet. Die Pyramidenflächen pflegen nur schmale Abstumpfungen der Kanten zu bilden. In den beiden Domenzonen sind die Flächen horizontal gestreift, ebenso sind häufig auch die Flächen der Pyramidenzone [(110):(111)] parallel zur Basiskante gestreift. Trotzdem wurden in der Regel scharfe Reflexbilder erhalten, wenn nur die gemessenen Flächen hinreichend gross waren.

Sämmtliche Krystalle sind als Einzelindividuen ausgebildet; Zwillinge wurden nicht beobachtet. Beistehende Figur stellt eine Basisprojection eines der häufigsten Typen der Sundtitkrystalle dar.



Die wichtigsten Zonen sind folgende:

(100).(601).(302).(101).(102).(001);
(010).(031).(021).(011).(001);
(100).(210).(110).(230).(250).(010);
(110).(221).(332).(111).(112).(001);
(100).(211).(111).(011);
(100).(221).(121).(021);
(211).(332).(121).(031).$(\bar{1}10)$;
(101).(112).(011).$(\bar{1}32)$.$(\bar{1}21)$.$(\bar{1}10)$;
(111).(132).(021).$(\bar{1}10)$;
(031).(132).(101).$(3\bar{3}2)$.

Die chemische Zusammensetzung. Eine Analyse wurde gütigst in dem metallurgischen Laboratorium der Universität zu Christiania von Herrn G. Thesen ausgeführt; ich spreche ihm für diese Hülfe meinen besten Dank aus.

Dieselbe ergab folgende Resultate: *Cu*, *Ag*, *Fe*, *Sb* und *S* wurde auf gewöhnliche Weise qualitativ nachgewiesen; von *Zn*, *Pb* und *As* waren kaum Spuren vorhanden; durch die quantitativen Bestimmungen ergab sich die Zusammensetzung:

		Quotientzahlen:
Cu	1,49	0,0236
Ag	11,81	0,1097
Fe	6,58	0,1175
Sb	45,03	0,3691
S	35,89	1,1213
	100,80	

Diese Zahlen entsprechen:

Cu_2	0,064	0,334	0,971
Ag_2	0,270		
Fe	0,637		
Sb	2		
S	6,081		

also entweder:

$$1(Ag, Cu)_2 : 2Fe : 6Sb : 18S$$

oder, unter der Annahme, dass Fe, Ag_2 und Cu_2 einander isomorph ersetzen:

$$1R : 2Sb : 6S.$$

Die chemische Formel ist demnach entweder:

$$(Ag, Cu)_2 Sb_2 S_6 . 2[FeSb_2S_6],$$

oder vielleicht wahrscheinlicher:

$$(Ag_2, Cu_2, Fe) Sb_2 S_6 = (Ag_2, Cu_2, Fe) S.Sb_2S_5 ,$$

also in beiden Fällen ein Sulfantimonat einer Sulfantimonsäure $HSbS_3$, entsprechend der normalen Antimonsäure $HSbO_3$. Die Analyse stimmt, wie man sieht, sehr nahe mit der Formel.

Sulfantimonate von derartiger Zusammensetzung sind bis jetzt noch nicht in der Natur nachgewiesen worden; der Sundtit zeigt deshalb auch keine nähere Analogie in krystallographischer Beziehung mit den bekannten natürlichen Sulfantimonaten. Die am nächsten verwandten natürlichen Verbindungen: das Sulfantimonat Famatinit Cu_3SbS_4 und das Sulfarseniat Enargit Cu_3AsS_4 sind zwar beide rhombisch und zeigen in ihren Winkeln einige Annäherung an den Sundtit (z. B. (110):(1$\bar{1}$0) beim Enargit = 82° 7', (021):(0$\bar{2}$1) beim Sundtit = 83° 26' u. s. w.), eine nähere Uebereinstimmung ist aber nicht vorhanden, wie es auch nicht zu erwarten war, da dieselben einer chemisch abweichenden Reihe angehörig sind. Auch von entsprechenden Antimonaten sind keine in der Natur bekannt, wohl aber künstlich dargestellte (z. B. $PbSb_2O_6$), ohne jedoch, soviel mir bekannt, krystallographisch untersucht zu sein.

Eine entfernte Analogie in krystallographischer Beziehung könnte man vielleicht in der Columbitreihe suchen; wenn die c-Axe des Sundtit verdoppelt wird, hat man nämlich:

		a		b		c
Columbit:	$\overset{II}{Fe}(Nb, \overset{X}{Ta})_2\overset{XII}{O_6}$	0,82850	:	1	:	0,88976
Sundtit:	$(\overset{II}{Fe}, Ag_2) \overset{X}{Sb_2} \overset{XII}{S_6}$	0,67711	:	1	:	0,89157.

Die Winkel sind somit nur in einer Zone näher übereinstimmend; auch ist die Formenausbildung ganz verschieden bei beiden Mineralien, wie es bei so abweichender Zusammensetzung zu erwarten war. Es schien mir aber trotzdem auch diese Vergleichung erwähnenswerth um so mehr, weil ein anderes sich der Columbitreihe anschliessendes Mineral, der

Aeschynit, welcher ebenfalls zum wesentlichen Theile aus einem Niobat RNb_2O_6 besteht, eine grössere Winkelähnlichkeit mit dem Sundtit darbietet. Die Axenverhältnisse beider Mineralien sind (wenn beim Aeschynit die c- und a-Axen vertauscht werden):

Aeschynit *)	$a' : b : c'$	$= 0,6725 : 1 : 0,4816$
Sundtit	$a : b : c$	$= 0,67711 : 1 : 0,44578$

Die Winkel der Grundpyramide sind beim

Aeschynit	65° 40′	42° 46′	98° 24′
Sundtit	62 2	40 50½	103 1½

Die Differenzen sind zwar gross, aber nicht grösser als bei manchen homöomorphen Verbindungen; jedenfalls ist die Uebereinstimmung grösser, als man bei dem bedeutenden Unterschiede in der Zusammensetzung erwarten sollte, so dass es wohl möglich ist, dass dieselbe nicht ganz unwesentlich und zufällig ist. Allerdings bietet die Formenausbildung auch hier wenige Analogien dar.

Der Sundtit scheint, nach den Mittheilungen des Herrn Sundt, an Ort und Stelle massenhaft vorgekommen zu sein und wurde als reiches Silbererz ausgebeutet; sollte diese kurze Beschreibung des interessanten Minerals die Entdeckung des Vorkommens veranlassen können, so dürfte eine genauere Untersuchung an reicherem Material gewiss noch viele neue Auskunft über seine Formenreihe geben.

Christiania, 9. December 1892.

---

*) Das Axenverhältniss ist angeführt nach meinen mit dem Reflexionsgoniometer ausgeführten Messungen an dem Aeschynit von Hitterö (s. diese Zeitschr. 3, 31); es ist entschieden genauer, als das gewöhnlich angeführte Axenverhältniss v. Kokscharow's, bestimmt an den viel schlechter messbaren Krystallen von Miask.

IX. Krystallographische Notizen.

Von

H. Baumhauer in Lüdinghausen.

(Hierzu Taf. VI, Fig. 1—3.)

---

1. Gelber Diopsid von Graubünden.

Vor einiger Zeit gelangte eine kleine Stufe mit gelben Krystallen in meinen Besitz, welche als Sphen aus Graubünden bezeichnet war. Auf einem porösen Gesteine sitzen neben schön krystallisirtem Glimmer, welcher bei sehr deutlichem Dichroismus in der Richtung der Spaltbarkeit braun, senkrecht dazu grünlich erscheint, mehrere intensiv bis ganz lichtgelbe, theilweise fast farblose, durchsichtige Krystalle, deren grösster etwa 2—3 mm gross ist, während die meisten bedeutend kleiner sind. Nach der Ablösung einiger kleinerer Krystalle resp. Fragmente und der Messung ergab sich alsbald, dass es sich nicht um Titanit handle, sondern dass ein hübsches Vorkommen von Diopsid vorliege, welches dem gelben, durch vom Rath untersuchten, vesuvischen Mineral ähnlich ist. In Bezug auf seine Formen steht dieser Diopsid auch dem von J. Lehmann *) und Flink **) beschriebenen von Nordmarken sehr nahe. Es gelang mir leider nicht, nachträglich eine genauere Angabe des Fundortes zu erlangen.

Die Krystalle zeigen stark glänzende, zu scharfen Messungen oft wohl geeignete Flächen. Ich beobachtete folgende Formen:

$a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$	$u = \{111\}-P$
$b = \{010\}\infty\bar{P}\infty$	$o = \{\bar{2}21\}+2P$
$c = \{001\}0P$	$z = \{021\}2\bar{P}\infty$
$m = \{110\}\infty P$	$f = \{310\}\infty\bar{P}3$
$p = \{\bar{1}01\}+\bar{P}\infty$	$n = \{130\}\infty\bar{P}3.$
$s = \{\bar{1}11\}+P$	

---

*) Diese Zeitschr. **5**, 532.

) Diese Zeitschr. **11, 449.

Von diesen Formen sind im Allgemeinen am stärksten entwickelt *p*, *m*, *c*, *o*, dann folgen *a*, *b*, *u*, während am meisten zurücktreten *z*, *s*, *f*, *n*. Der Habitus der Krystalle ist ein kurzsäulenförmiger. Genauere Messungen wurden an vier Fragmenten angestellt. Dabei ergaben sich als besonders gute einzelne Werthe: $a:p = 74^0\,32'$, $c:p = 31^0\,15\frac{3}{4}'$, $b:m = 43^0\,34\frac{1}{4}'$ und $43^0\,36'$, im Mittel $43^0\,35'\,8''$. Diese Zahlen wurden der Berechnung des Axenverhältnisses zu Grunde gelegt, wobei sich ergab:

$$a:b:c = 1{,}091865:1:0{,}587925;$$
$$\beta = 74^0\,12'\,15''.$$

G. vom Rath berechnete für den gelben Augit vom Vesuv:

$$a:b:c = 1{,}09213:1:0{,}589311; \quad \beta = 74^0\,10'\,9'';$$

J. Lehmann für grüngelben Diopsid von Nordmarken:

$$a:b:c = 1{,}092201:1:0{,}586885; \quad \beta = 74^0\,13';$$

Flink für den farblosen Diopsid (Typus V) von Nordmarken:

$$a:b:c = 1{,}09197:1:0{,}586935; \quad \beta = 74^0\,12'\,45''.$$

Wie man sieht, steht das von mir berechnete Axenverhältniss dem zuletzt angeführten am nächsten. Dennoch fügt sich dasselbe nicht in die von Flink aufgestellte Reihe der fünf Typen des Nordmarkener Vorkommens. In der folgenden Tabelle sind die von mir berechneten und beobachteten Winkel (die besten Messungen mit * versehen) mit den von Flink für den Typus V berechneten Zahlen zusammengestellt.

	Graubünden.		Nordmarken (Typus V).
	Berechnet:	Beobachtet:	Berechnet:
$a:c$	$= 74^0\,12'\,15''$	$*74^0\,7\frac{1}{2}'$, $14'$	$74^0\,12'\,39''$
$a:p$	$= 74\;32\;0$	$74\;31$, $31'$, $*32'$	$74\;34\;51$
$a:f$	$= 19\;18\;3$	$19\;17\frac{1}{4}$	$19\;18\;11$
$a:m$	$= 46\;24\;52$	$46^0\,23'$, $23\frac{3}{4}'$, $25\frac{1}{4}'$, $26\frac{1}{2}'$ †) (Mittel: $46^0\,24\frac{1}{2}'$)	$46\;25\;15$ (Fundament. Werth)
$b:m$	$= 43\;35\;8''$	$43^0\,32\frac{3}{4}'$, $33\frac{1}{2}'$, $*34\frac{1}{4}'$, $35\frac{1}{2}'$, $*36'$ (Mittel: $43^0\,34\frac{1}{2}'$)	$43^0\,34'\,45''$
$b:n$	$= 17\;36\;9$	$17^0\,34\frac{1}{2}'$	—
$b:o$	$= 47\;56\;58$	$47\;54\frac{1}{2}$	—
$b:z$	$= 41\;28\;16$	$41\;26\frac{1}{4}$	$41^0\,31'\;5''$
$c:p$	$= 31\;15\;45$	$31\;15$, $*15\frac{3}{4}'$	$31\;12\;30$
$c:m$	$= 79\;10\;59$	$*79\;9\frac{1}{4}$	$79\;11\;0$
$c:o$	$= 65\;15\;50$	$65\;15$	$65\;12\;36$
$c:u$	$= 33\;47\;7$	$33\;43$, $47\frac{3}{4}'$	$33\;44\;52$
$c:z$	$= 48\;31\;44$	$48\;32\frac{1}{2}$	—

†) Mit Ausschluss zweier stärker abweichenden Winkel: $46^0\,16\frac{3}{4}'$ und $46^0\,18'$.

	Graubünden. Berechnet:	Graubünden. Beobachtet:	Nordmarken (Typus V). Berechnet:
$m:o$	$= 35^0 33' 10''$	$35^0 30\frac{1}{2}'$, $^*31\frac{3}{4}'$	$35^0 35'$ (Fundament. Werth)
$m:u$	$= 45\ 23\ 52$	$45^0 17\frac{1}{4}'$, $20\frac{3}{4}'$, $21\frac{1}{2}'$	$45^0 26' 8''$
$m:n$	$= 25\ 58\ 59$	$25^0 58\frac{1}{4}'$	—

2. Deutlich hemiëdrische Binnitkrystalle (Fig. 1 und 2).

Im Jahre 1875 beschrieb F. Hessenberg in seinen mineralogischen Notizen (9. Heft) einen sehr flächenreichen Binnitkrystall von Imfeld im Binnenthal, der in Folge der Unvollzähligkeit der Flächen ein sehr unsymmetrisches Aussehen besass. Die Vertheilung der unvollzähligen Flächen ist jedoch nach Hessenberg's Ansicht nur eine zufällige, nicht durch tetraëdrisch-hemiëdrische Ausbildung, wie sie von Kenngott für den Binnit angenommen wurde, bedingt. W. J. Lewis gab dann 1878 (diese Zeitschr. **2**, 192) eine Beschreibung eines schönen Exemplars des Londoner Museums, welches er besonders auf die Vertheilung der Flächen geprüft hatte. Er fand {110} und {211} vorherrschend und ungefähr gleich gross ausgebildet, die übrigen Formen [{100}, {111}, {411}, {611}, {711}, {10.1.1}, {233} und {321}] untergeordnet. Der Krystall, in sechs Oktanten der Beobachtung zugänglich, zeigte {111} und {211} in den benachbarten Oktanten, also holoëdrisch entwickelt, während {411}, {611}, {711}, {10.1.1} und {233} nur in den abwechselnden ausgebildet waren. Lewis glaubt jedoch aus seinen Beobachtungen noch keinen definitiven Schluss, ob hemiëdrisch oder nicht, ziehen zu können.

Bestimmt für das Vorhandensein der tetraëdrischen Hemiëdrie spricht sich in demselben Jahre Prof. P. Groth in »Mineraliensammlung der Universität Strassburg« S. 60 aus. Er sagt: »Der beste Krystall, etwa erbsengross, zeigt eine deutlich hemiëdrische Ausbildung; er ergab in positiver Stellung: $+\frac{O}{2}$, gross und vollkommen glatt, $+\frac{2O2}{2}$ ziemlich gross, glatt oder nach der Kante mit vorigem gestreift, $+\frac{6O6}{2}$ und $\infty O\infty$ ebenso gestreift, ferner $+\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$, $+\frac{\frac{1}{2}O}{2}$ und ∞O; in den negativen Oktanten dagegen nur mässig gross $-\frac{O}{2}$ und sehr schmale Flächen von $-\frac{2O2}{2}$ und eines Pyramidenoktaëders.« Weitere Beobachtungen in dieser Richtung sind, so weit mir bekannt, seitdem nicht veröffentlicht worden. In letzter Zeit erhielt ich nun aus dem Binnenthal eine Reihe von Binnitstufen mit zum Theil recht schön ausgebildeten Krystallen. Unter den letzteren

sind es namentlich zwei, welche die tetraëdrische Hemiëdrie, besonders in der ungleichen Beschaffenheit gewisser, den benachbarten Oktanten angehöriger Flächen so deutlich erkennen lassen, dass bei ihrer Betrachtung ein Zweifel nicht mehr bestehen kann.

Der eine Krystall, 3 mm gross, kommt zusammen mit Realgar, Schwefelkies und Adular im weissen Dolomit vor und stimmt in der Farbe und dem ausgezeichneten Metallglanze mit dem Jordanit überein. Er ist in Fig. 1 in gerader Projection auf eine Würfelfläche dargestellt. Es treten namentlich auf $\infty O \infty (h)$, $\infty O (d)$, $\pm \frac{2O2}{2} (\pm i)$ und $- \frac{O}{2} (-o)$. Der in der Figur links unten liegende Oktant zeigt drei Flächen $- \frac{2O2}{2} (-i)$, welche eine glänzende Fläche $- \frac{O}{2} (-o)$ umschliessen, selbst aber ganz matt sind, so dass der Gegensatz zwischen glänzend und matt sehr schön hervortritt. Der Grund, warum dieser Oktant als negativ bezeichnet ist, wird aus den später mitzutheilenden Beobachtungen hervorgehen. Matt ist auch die einzelne Fläche $- \frac{2O2}{2} (-i)$ des rechten oberen Oktanten, sowie zwei solche Flächen, welche dem rechts unten auf der Rückseite gelegenen, also in der Figur nicht sichtbaren Oktanten angehören. Vollkommen glänzend und bedeutend schmäler sind hingegen die dem linken oberen und dem rechten unteren Oktanten angehörigen Flächen von $+ \frac{2O2}{2} (+i)$, von welchen die letzteren zu einer dreiseitigen, aber gewölbten sehr kleinen Fläche zusammenstossen, welche als Andeutung von $+ \frac{O}{2}$ aufzufassen ist. Ein Theil der Fläche h (rechts oben) trägt eine feine Streifung parallel $h : +i$. Endlich werden die Kanten $h : +i$ durch eine äusserst schmale, stark glänzende Fläche $(+x)$ eines Pyramidentetraëders abgestumpft, deren Symbol jedoch nicht bestimmt wurde, da es nicht möglich war, den Krystall auf der Stufe zu messen, ein Herunternehmen aber zu gewagt erschien.

Der zweite zu beschreibende Krystall von etwa $1\frac{1}{2}$ mm Grösse sitzt mit Blende und Quarz gleichfalls im weissen Dolomit und ist von dem vorigen äusserlich durch seine schwarze Farbe verschieden, indem die Flächen, wenngleich zum Theil recht glänzend, dennoch keinen eigentlichen Metallglanz zeigen. Er ist in Fig. 2 in gerader Projection auf eine Dodekaëderfläche dargestellt. Es treten an diesem Krystalle, ebenso wie an dem obigen, vornehmlich auf $\infty O \infty (h)$, $\infty O (d)$, $\pm \frac{2O2}{2} (\pm i)$, $- \frac{O}{2} (-o)$, sowie noch $+ \frac{O}{2} (+o)$. Die beiden Würfelflächen tragen eine sehr deutliche grobe

Streifung parallel $h : +i$, welche allein schon hinreichen würde, die tetraëdrische Hemiëdrie zu beweisen. Dann aber unterscheiden sich die beiden Tetraëderflächen sehr bestimmt; während die eine (mit $+o$ bezeichnete) stark glänzt, ist die andere ($-o$) vollständig matt. Letztere ist hier wieder diejenige Tetraëderfläche, welche von drei matten Flächen i umschlossen ist; ihre Beschaffenheit wechselt also bei den verschiedenen Krystallen, während die Streifung auf h, wie auch aus den folgenden Beobachtungen hervorgehen wird, entscheidet. Die Flächen $-i$ tragen eine äusserst feine Streifung parallel ihrer Combinationskante mit d. Zwischen $+i$ und $+o$ findet sich noch eine sehr schmale Fläche, deren Symbol jedoch nicht näher zu bestimmen war. Eine schmale Abstumpfung der Kante $+i : +i$ gehört dem Deltoiddodekaëder $+\frac{\frac{3}{2}O}{2}$ an. Was den Grad des Glanzes betrifft, welchen die einzelnen Formen zeigen, so folgen dieselben einander in der Reihe: ∞O, $+\frac{O}{2}$, $\infty O \infty$ (diese drei fast gleich stark glänzend), $+\frac{2O2}{2}$, $-\frac{2O2}{2}$, $-\frac{O}{2}$ (die beiden letzten matt).

An einem dritten, kleinen, aber mit lebhaft glänzenden Flächen versehenen Krystalle, welcher auf grauem Dolomit sitzt und nach vorsichtiger Freilegung auf der Stufe gemessen werden konnte, fand ich auf den Würfelflächen gleichfalls eine, wenn auch sehr zarte Streifung, nach welcher die positiven und negativen Oktanten unterschieden werden konnten. Es zeigte sich dabei, dass das matte $-\frac{O}{2}$ zwar an Ausdehnung das stark glänzende $+\frac{O}{2}$ ein wenig übertraf, dass aber in dem positiven Oktanten die Flächenentwickelung eine viel reichere ist als in dem negativen, was auch mit den oben wiedergegebenen Angaben von Groth übereinstimmt und die von mir getroffene Wahl von $+$ und $-$ rechtfertigt. Ich beobachtete zwischen $\infty O \infty$ und $+\frac{2O2}{2}$ folgende Pyramidentetraëder: $+\frac{12O12}{2}$, $+\frac{6O6}{2}$ und $+\frac{\frac{19}{6}O\frac{19}{6}}{2}$. Dabei fand ich:

$\infty O \infty : +\frac{12O12}{2}$	$= 6^\circ 45'$	ber.	$6^\circ 43' 17''$
- $: +\frac{6O6}{2}$	$= 13\ 29$ (2. Reflex $13^\circ 15'$)	-	$13\ 15\ 46$
- $: +\frac{\frac{19}{6}O\frac{19}{6}}{2}$	$= 24\ 3\frac{1}{4}$	-	$24\ 3\ 55$

Die letzte Form darf wohl als sicher betrachtet werden, denn die

nächstliegenden $\frac{3O3}{2}$ und $\frac{\frac{10}{3}O\frac{10}{3}}{2}$ sind zu $\infty O \infty$ geneigt unter 25° 14′ 22″ und 22° 59′ 23″.

Ferner fand ich an diesem Krystalle zwischen $+\frac{2O2}{2}$ und ∞O das Hexakistetraëder $+\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$ und, die sogen. hexaëdrischen Kanten von $+\frac{2O2}{2}$ abstumpfend, das Deltoiddodekaëder $+\frac{\frac{3}{2}O}{2}$. Ich maass:

$$+\frac{2O2}{2} : +\frac{3O\frac{3}{2}}{2} = 10^{\circ}52' \quad \text{ber.} \quad 10^{\circ}53'36''$$

$$\text{-} \quad : +\frac{\frac{3}{2}O}{2} = 16\ 47\tfrac{3}{4} \quad \text{-} \quad 16\ 46\ 43$$

Der Krystall zeigt überhaupt folgende elf Formen: $\{100\}\infty O \infty$, $\{110\}\infty O$, $\varkappa\{111\}+\frac{O}{2}$, $\varkappa\{1\bar{1}1\}-\frac{O}{2}$, $\varkappa\{211\}+\frac{2O2}{2}$, $\varkappa\{2\bar{1}1\}-\frac{2O2}{2}$, $\varkappa\{12.1.1\}+\frac{12O12}{2}$, $\varkappa\{611\}+\frac{6O6}{2}$, $\varkappa\{19.6.6\}+\frac{\frac{19}{6}O\frac{19}{6}}{2}$, $\varkappa\{332\}+\frac{\frac{3}{2}O}{2}$, $\varkappa\{321\}+\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$. Davon sind $\varkappa\{12.1.1\}$ und $\varkappa\{19.6.6\}$, so viel mir bekannt, bisher am Binnit noch nicht beobachtet worden.

Nachdem die vorstehenden Beobachtungen zum grössten Theile gemacht waren, hatte Herr Prof. Groth die Güte, mir zum Zwecke der Erweiterung derselben mehrere vortrefflich ausgebildete Binnite (vom Lengenbach gegenüber Imfeld) zu übersenden, welche der bayer. Staatssammlung zu München angehören; darunter verdienen namentlich zwei aussergewöhnlich grosse lose und ein kleinerer aufgewachsener Krystall eine nähere Besprechung.

Der eine lose Krystall, 4—5 mm messend, zeigt neben den glänzenden, ungestreiften Flächen des Würfels und des Dodekaëders zunächst die stark matten oder vielmehr rauhen des negativen und die glänzenden des positiven Triakistetraëders $\frac{2O2}{2}$; die letzteren sind zum Theil ein wenig parallel der Combinationskante mit dem Würfel gestreift. $+\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$ sind glänzend. Während wiederum von negativen Formen nur $-\frac{2O2}{2}$ und $-\frac{O}{2}$ erscheinen, treten in den positiven Oktanten die etwas matten Flächen von $+\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$ als Abstumpfung der Kanten $+\frac{2O2}{2} : \infty O$ auf. Zwischen $\infty O \infty$ und $+\frac{2O2}{2}$ beobachtete ich in Form schmaler Flächen $+\frac{6O6}{2}$ und (wahrscheinlich) $+\frac{4O4}{2}$, indem ich maass:

$$\infty O\infty : +\frac{6O6}{2} = 13^0 16\tfrac{1}{4}', \ 19' \quad \text{ber.} \ 13^0 15' 46''$$

$$- \quad : +\frac{4O4}{2} = 19 \ 10\tfrac{1}{2} \qquad - \quad 19 \ 28 \ 16$$

Zwischen $+\frac{2O2}{2}$ und $+\frac{O}{2}$ bemerkt man als kleine und im Allgemeinen recht unvollkommene Flächen Formen, deren Bestimmung auf die Symbole $\varkappa\{433\}+\frac{\frac{4}{3}O\frac{4}{3}}{2}$ und $\varkappa\{322\}+\frac{\frac{3}{2}O\frac{3}{2}}{2}$ führt. Ich fand:

$$+\frac{2O2}{2} : +\frac{\frac{3}{2}O\frac{3}{2}}{2} = \ 7^0 46' \qquad \text{ber.} \ 8^0 \ 2' 58''$$

$$- \quad : +\frac{\frac{4}{3}O\frac{4}{3}}{2} = 11 \ 17, \ 20\tfrac{1}{2}', \quad - \quad 11 \ 25 \ 18$$

Am sichersten hiervon ist die letztere Form, die Messung der ersteren ist nur eine ungefähre Schimmermessung.

Der andere lose Krystall erreicht die seltene Grösse von 6—7 mm. In seiner Ausbildung gleicht er sehr dem vorigen, jedoch sind die Würfelflächen parallel den Combinationskanten mit $+\frac{2O2}{2}$ gestreift. Der Krystall zeigt deutliche Spuren einer natürlichen Aetzung; auf den Dodekaëderflächen erblickt man stellenweise Aetzeindrücke, welche zum Theil durch ihre monosymmetrische Gestaltung auf die tetraëdrische Hemiëdrie hinweisen, und gewisse Kanten, namentlich $+\frac{O}{2} : \infty O$, erscheinen wie abgenagt oder von Furchen durchschnitten. Die Flächen von $-\frac{2O2}{2}$ sind auffallend rauh resp. corrodirt, die von $-\frac{O}{2}$ klein, aber glänzend, e i n e Fläche $+\frac{O}{2}$ gross. Im positiven Oktanten beobachtete ich ausser $+\frac{O}{2}$ und $+\frac{2O2}{2}$ noch $+\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$ (gemessen $\frac{2O2}{2} : \frac{3O\frac{3}{2}}{2} = 10^0 \ 54\tfrac{1}{4}'$), ferner $+\frac{6O6}{2}$ (gemessen $\infty O\infty : \frac{6O6}{2} = 13^0 \ 14\tfrac{3}{4}'$), sowie zwischen $+\frac{2O2}{2}$ und $+\frac{O}{2}$ als eigenthümlich schuppige, wohl mit Aetzhügeln bedeckte Fläche $+\frac{\frac{3}{2}O\frac{3}{2}}{2}$ (Schimmermessung $\frac{2O2}{2} : \frac{\frac{3}{2}O\frac{3}{2}}{2} = 7^0 \ 48\tfrac{1}{4}'$). Die Kanten $+\frac{O}{2} : \infty O$ sind durch je eine ziemlich breite Prärosionsfläche abgestumpft, welche auf ein Deltoiddodekaëder hinweist; jene Flächen sind jedoch so gekrümmt und gefurcht, dass es nicht möglich ist, ihnen ein bestimmtes Symbol zuzuerkennen.

Der dritte, kleinere Krystall besitzt vorzüglich glänzende Flächen, lässt sich aber nicht gut auf der Stufe messen. Er zeigt $\infty O \infty$, ∞O, $+\frac{2O2}{2}$ (glänzend), $-\frac{2O2}{2}$ (matt), $-\frac{O}{2}$, $+\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$, und sehr schmal zwei positive Triakistetraëder zwischen $\infty O \infty$ und $+\frac{2O2}{2}$. Die Combinationskanten $+\frac{2O2}{2} : -\frac{2O2}{2}$ erscheinen in eigenthümlicher Weise treppenförmig gekerbt, was wahrscheinlich auf einen schalenförmigen Bau des Krystalles zurückzuführen ist. An der Begrenzung der einzelnen Absätze betheiligen sich, wie man beim Spiegelnlassen erkennen kann, $\infty O \infty$, ∞O, $+\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$ und eines der nicht bestimmten Triakistetraëder; ausserdem, wie es scheint, ein negatives, in der Zone $-\frac{2O2}{2} : +\frac{2O2}{2}$ liegendes Hexakistetraëder.

3. Ueber einen Zwillingskrystall von Jordanit (Fig. 3).

In jüngster Zeit hatte ich Gelegenheit, eingehendere Studien über das Krystallsystem, die zahlreichen Formen und die Zwillingsbildung des seltenen Binnenthaler Jordanit zu machen*). Es ergab sich dabei, dass derselbe nicht rhombisch, sondern monoklin krystallisirt, und dass die so häufige lamellare Zwillingsbildung nach $+P\infty$, nicht aber auch nach $-P\infty$ stattfindet. Vor kurzem erhielt ich mehrere Jordanite des genannten Fundortes, welche zu weiteren Beobachtungen Gelegenheit boten. Von denselben erregte namentlich ein ziemlich grosser (etwa 8 : 5 : 4 mm messender) Krystall, welcher mit zwei ungefähr gleich grossen Blendekrystallen verwachsen war, meine Aufmerksamkeit. Derselbe ist in Fig. 3 möglichst naturgetreu abgebildet. Ich sah denselben zuerst als eine unregelmässige Verwachsung zweier Krystalle an, fand jedoch bald, dass es sich um einen Zwilling handelt, welcher allerdings eine ungewöhnliche Ausbildung zeigt. Er besteht aus zwei Individuen, von welchen das eine (in der Figur obere) das andere (untere, in der Figur punktirte) gleichsam theilweise überdeckt. Beide sind von zahlreichen feinen Zwillingslamellen durchzogen, jedoch sind dieselben nicht zu beobachten auf den Flächen der, beiden Individuen gemeinsamen Zonen: 1, 6, $\underline{6}$, 7, $\underline{7}$, $\underline{8}$, $\underline{9}$. Besonders häufig erscheinen sie auf den Flächen 3, 4, 5 des oberen und auf den angrenzenden des unteren Individuums (s. bei *d* und *b*), welches zudem daselbst, sowie auch auf der links von $\underline{8}$, $\underline{6}$ etc. gelegenen Seite eine starke, in der Figur angedeutete, horizontale, resp. der Fläche 1 (dem Klinopinakoid) parallel laufende Streifung zeigt.

*) Sitzungsberichte d. k. preuss. Akad. d. Wiss. Berlin 1891, **35**, 697 u. **41**, 915.

Die Fläche 1 entspricht, wie bemerkt, dem Klinopinakoid (von vom Rath bei Annahme des rhombischen Systemes als Basis gedeutet). Die Flächen 2, 3, 4, 5 des oberen Individuums gehören der Zone $\infty P\infty : -P\infty$ an. Wenngleich der Krystall nicht zu besonders guten Messungen geeignet ist, so konnte ich doch in dieser Zone die Flächen $\{151\}-5P5$, $\{141\}-4P4$, $\{131\}-3P3$ und $\{121\}-2P2$ constatiren. Das Klinopinakoid gab mehrere Reflexe, wovon der hellste und der zweithellste berücksichtigt wurden: dabei erhielt ich folgende Werthe:

			ber.
(010):(151)	(Fläche 2)	$= 40^\circ 41\frac{1}{2}'$ ($40^\circ 29'$)	ber. $40^\circ 38' 40''$
:(141)	(- 3)	= 47 16 (47 $3\frac{1}{2}'$)	- 47 1 7
:(131)	(- 4)	= 55 15 (55 $2\frac{1}{2}$)	- 55 2 57
:(121)	(- 5)	= 65 15 (65 $2\frac{1}{2}$)	- 65 1 0

Die entsprechenden positiven Hemipyramiden würden folgende Neigungswinkel erfordern:

$(010):(15\bar{1})$	$= 40^\circ 24' 53''$
$:(14\bar{1})$	= 46 47 11
$:(13\bar{1})$	= 54 49 49
$:(12\bar{1})$	= 64 50 17

Die Vergleichung der gefundenen Winkel mit den für die negativen wie für die positiven Hemipyramiden berechneten Neigungen zu (010) ergiebt, dass die Zone in der That als diejenige (010):(101) aufzufassen ist. Die zweite zu Messungen geeignete Zone wird gebildet von (010) und den Flächen 6, 7, $\underline{8}$, $\underline{6}$, $\underline{7}$, $\underline{9}$; dabei spiegelt 6 des oberen Individuums mit $\underline{6}$ des unteren, sowie 7 des oberen mit $\underline{7}$ des unteren ein. Beide Krystalle haben also diese Zone gemeinsam. Ich fand hier folgende Werthe (1 ergab wieder einen helleren und einen weniger hellen Reflex):

			ber.
$(010):(17\bar{1})$	(Fläche $\underline{8}$)	$= 31^\circ 4\frac{1}{2}'$ ($31^\circ 24'$)	ber. $31^\circ 18' 32''$
$:(16\bar{1})$	(- 6 und $\underline{6}$)	= 35 $4\frac{1}{2}$ (35 24)	- 35 21 33
$:(15\bar{1})$	(- 7 und $\underline{7}$)	= 40 10 (40 $29\frac{1}{2}'$)	- 40 24 53
$:(14\bar{1})$	(- $\underline{9}$)	= 46 31 (46 $50\frac{1}{2}$)	- 46 47 11

Auf dem unteren Individuum kann man deutlich wahrnehmen, dass eine Zwillingslamelle, welche etwas breiter ist, gleichfalls in dieser Zone liegt, sich also über dieselbe in der Richtung der Zonenaxe fortsetzt (s. in der Figur bei *defg*). Dies entspricht dem Gesetze: »Zwillingsebene $+P\infty$«. Ferner spiegeln die das untere Individuum durchsetzenden Zwillingslamellen, soweit sie von gleichartigen Flächen wie das obere Individuum begrenzt werden, mit demselben ein — und umgekehrt. Da, wo die ersteren Lamellen kürzer werden (bei *b*), greift das obere Individuum kammförmig in das untere ein, daselbst Lamellen bildend, welche mit dem Stammkrystalle noch in directer Verbindung stehen. Diese Verhältnisse,

welche beim Spiegelnlassen schön zu erkennen sind, beweisen, dass die beiden Krystalle sich in der That in Zwillingsstellung zu einander befinden.

Ausser dem beschriebenen erwarb ich noch mehrere andere Jordanite von zum Theil guter Ausbildung, darunter einen 5 mm grossen, tafelartigen, an welchem ich in zwei Zonen gute bis genügende Messungen anstellen konnte. Eine dritte Zone war dicht erfüllt von Zwillingslamellen nach $+P\infty$ und gab unzuverlässige Resultate. Ich erhielt folgende Neigungswinkel zum Klinopinakoid:

1. Zone [(010):(100)]

		Berechnet:
(140) =	26° 53′,	26° 49′ 14″
(130) =	33 48, 56½′	33 59 5
(250) =	38 56, 56½	38 58 15
(120) =	45 10¾′, 17½	45 19 6
(230) =	53 18½, 21′	53 26 7
(110) =	*63 11	63 11 20
(210) =	*76 5½	76 6 46
(100) =	89° 59½′, 90° 0′	90 0 0

2. Zone [(010):(10$\bar{1}$)]

		Berechnet:
(1.15.$\bar{1}$) =	15° 58¼′,	15° 50′ 45″
(18$\bar{1}$) =	28 0	28 1 18
(17$\bar{1}$) =	31 16½, 17¾′	31 18 32
(16$\bar{1}$) =	*35 21, 21′	35 21 33
(15$\bar{1}$) =	40 23, 24½′	40 24 53
(13$\bar{1}$) =	54 46½′, 47¾′	54 49 49
(12$\bar{1}$) =	64 48¾, 49′	64 50 17
(11$\bar{1}$) =	76 46¼, 48¾′	76 46 56
(10$\bar{1}$) =	89 57½, 90° 1½′	90 0 0

Die erste Form (1.15.$\bar{1}$) der zweiten Zone wurde bisher am Jordanit noch nicht beobachtet; wenngleich der dafür erhaltene Werth nicht genau mit dem berechneten übereinstimmt (die gemessene Fläche ist klein und schmal), so darf das angenommene Symbol doch wohl als sicher betrachtet werden. Um so besser stimmen aber die folgenden Messungen mit den berechneten Zahlen überein, so dass sie (nebst den mit * bezeichneten der ersten Zone) als eine weitere Bestätigung des von mir für den Jordanit angenommenen Axenverhältnisses angesehen werden können.

X. Goniometer mit zwei Kreisen*).

(Krystallmessung durch Ortsbestimmung.)

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

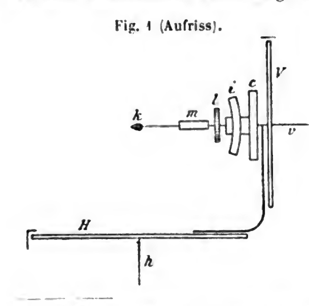
(Hierzu Fig. 1 auf Taf. VI und 24 Textfiguren.)

Alle derzeit gebräuchlichen Goniometer haben zum Zwecke die **Messung der Flächenwinkel** (selten der Kantenwinkel). Auf solchen Messungen beruht unsere Krystallberechnung. Aus ihnen leiten wir Elemente, Symbole, Projectionen, perspectivische Bilder, kurz die ganze Formbeschreibung der Krystalle ab. Es ist jedoch dies Princip nicht das einzig brauchbare. Das hier zu beschreibende Instrument führt ein anderes Princip ein, nämlich:

Ortsbestimmung der Flächen durch zwei Winkelcoordinaten.

Es ist dasselbe, das zur Bestimmung der Sternörter, sowie der Punkte auf der Erdoberfläche schon lange üblich ist.

Fig. 1 (Aufriss).



Das **Instrument****) ist Taf. VI abgebildet. Es sind daran noch einige Verbesserungen beabsichtigt, die dem nächst gebauten Instrument zu Gute kommen werden.

Schematische Einrichtung des Instruments (Fig. 1 und 2).

Auf dem Horizontalkreise *H* mit der Axe *h* sitzt der Verticalkreis *V* mit der Axe *v*. Bei Drehung um *h* dreht sich *V* mit.

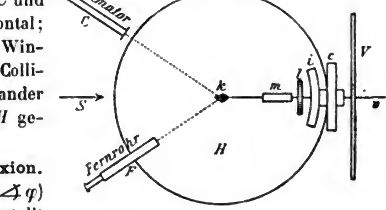
Die Axe *v* trägt die Justirvorrich-

*) Vergl. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1872, 546. Lies dort S. 547 Z. 3 v. o. *V* statt *H*.

**) Das Instrument wurde nach meinen Angaben von dem Mechaniker P. Stoë (Heidelberg, Jubiläumsplatz 70) gebaut. Die Ausführung ist sorgfältig und zuverlässig, auch hat Herr Stoë durch seine Erfahrung, sowie durch Ausdenken von Einzelheiten wesentlich zum Gelingen des Instrumentes beigetragen.

tung i und die Centrirvorrichtungen c und m, an der Spitze den Krystall k an einem Stift oder an einem Hülfsapparate, der die rohe Einrichtung (Centriren und Justiren) besorgt. Durch ihn, fein durch i, lässt sich jede Fläche oder Kante des Krystalles senkrecht oder parallel zu den Axen v oder h einstellen. Collimator C und Fernrohr F liegen horizontal; die Gerade S halbire den Winkel CF. Fernrohr und Collimator können gegeneinander gedreht und $\sphericalangle\, CF$ an H gemessen werden.

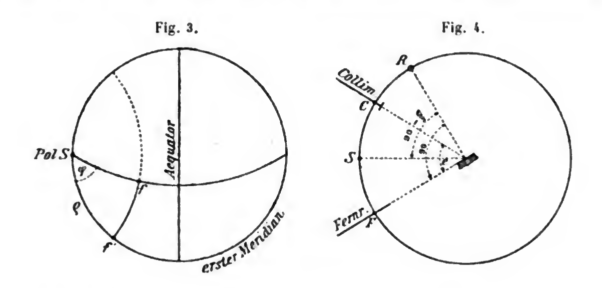
Fig. 2 (Grundriss).



Messung durch Reflexion. Durch Drehen von V (um $\sphericalangle\, \varphi$) kann jede Fläche $\perp H$ gestellt werden. Durch darauf folgende Drehung von H (um $\sphericalangle\, \varrho$) kommt sie $\perp S$ und reflectirt. Die abgelesenen Winkel φ, ϱ bestimmen den Ort der Fläche. Sie mögen **Winkel-Coordinaten** (oder coordinirte Winkel) der Fläche f heissen.

Stereographische Projection auf Ebene H (Fig. 3). Durch Drehen von V um $\sphericalangle\, \varphi$ wird die Fläche $f \perp H$, d. h. der Flächenpunkt f wandert in den

Fig. 3. Fig. 4.



Grundkreis nach f'. Durch Drehen von H um $\sphericalangle\, \varrho$ gelangt f' in den spiegelnden Punkt s. Nennen wir den Grundkreis sf' **ersten Meridian**, s den **Pol**, den grössten Kreis, der vom Pole um 90° absteht, **Aequator**, so entspricht $\sphericalangle\, \varphi$ der geographischen Länge, $\sphericalangle\, \varrho$ der **Polhöhe** (Complement der geographischen Breite).

Ortsbestimmung durch Einstellung auf Verschwinden. Der Ort einer Fläche f lässt sich auch dadurch bestimmen, dass man H und V dreht,

bis f zur Linie verkürzt ist und diese dem Verticalfaden parallel läuft. Es steht dann $f \perp H$, die Fernrohraxe F liegt in f. Diese Stellung entspricht einer Lage des Reflexes in R (Fig. 4, stereogr. Proj.), so dass $RF = 90^0$, während derselbe beim Messen durch Reflexion in S steht. Ist $\sphericalangle CF = e$, so ist $RS = 90^0 - \frac{e}{2}$. Sind die Winkel beim Verschwinden φ', ϱ', so sind sie bei Reflexion

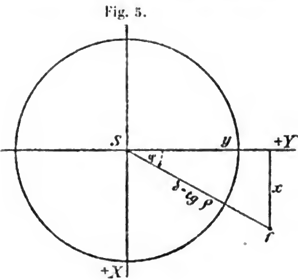
$$\varphi = \varphi'$$

$$\varrho = \varrho' - 90^0 + \frac{e}{2}; \quad \text{z. B. für } CF = e = 90^0; \quad \varrho = \varrho' - 45^0.$$

Man kann so innerhalb einer Messung durch Reflexion einzelne matte Flächen durch Verschwinden bestimmen. Die Genauigkeit dieser Bestimmung hängt von Grösse und Ausbildung der Fläche ab. Sie wird wesentlich erhöht durch wiederholtes Einstellen und Umschlagen (s. unten), sowie durch geeignete Beleuchtung und durch Uebung.

Gnomonische Projection $\perp S$ (Fig. 5). Der Pol S wird zum Scheitelpunkt der Projection. Nehmen wir h, den Radius des Grundkreises $= 1$ und ist SY der erste Meridian, so ist der Flächenpunkt f bestimmt:

Fig. 5.



durch die Polarcoordinaten

$$d = \operatorname{tg} \varrho \text{ und } \varphi,$$

durch die rechtwinkligen Parallelcoordinaten

$$x = \sin \varphi \operatorname{tg} \varrho, \; y = \cos \varphi \operatorname{tg} \varrho.$$

Zählen der Winkel (Fig. 5). Es mögen die Winkel φ von $+Y$ aus im Sinne des Uhrzeigers, ϱ von S nach aussen gezählt werden. Dadurch erhalten $x\,y$ zugleich das dem Projectionspunkte entsprechende Vorzeichen.

Tetragonales und hexagonales Netz *). Zum Einzeichnen in's Projectionsbild bedient man sich mit Vortheil des tetragonalen Netzes, bei hexagonalen Krystallen, sowie bei Projection regulärer auf eine Oktaëderfläche, des hexagonalen Netzes.

Die Centrir- und Justirvorrichtung ist getheilt für Grob- und Fein-Einrichten. Das Grob-Centriren und Justiren geschieht durch einen Hülfs-

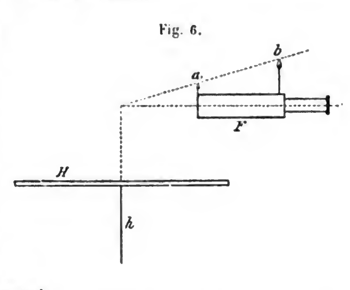
*) Verlag von Julius Springer in Berlin. Preis 1 Mk. 60 Pf. pro 1 Blatt. Vergl. [Proj]ectionsbilder Taf. XVII, Text S. 8.

apparat ähnlich dem in dieser Zeitschr. 1892, **20**, 344 beschriebenen; das Fein-Einrichten durch zwei gekreuzte Transportschlitten und zwei Cylinderschlitten, das Verschieben in der Richtung der v-Axe durch Einschieben eines Stiftes des Hülfsapparates in eine Bohrung der Axe v und Festklemmen bei m, fein durch die Schraube l (Fig. 1).

Die Trennung von Grob- und Fein-Einstellen, auch abgesehen von dem groben Einstellen durch die Art des Anheftens, hat manche Vortheile. Es geht rascher, die Feinstell-Vorrichtungen werden geschont, auch brauchen sie nicht so ausgiebig zu sein. Die Grobstellung durch den Hülfsapparat gestattet volle Umdrehungen, für die Feinstellung genügt dann ein Weg von wenigen Graden. Das ermöglicht, die Wiegeschlitten weit hinauszurücken, ohne dass sie zu gross und schwer werden.

Visir und Korn (Fig. 6). An der Fernrohrhülse ist eine Visirvorrichtung angebracht. Sie besteht aus zwei senkrechten Stiften a, b mit weissen Spitzen. Deren Verbindungslinie geht durch den Schnittpunkt von Fernrohraxe und h. Erscheint der gewünschte Punkt des Krystalles direct und nach der Drehung von H um 90° in dieser Visirlinie, so ist er durch das Fernrohr sichtbar und ungefähr centrirt.

Fig. 6.

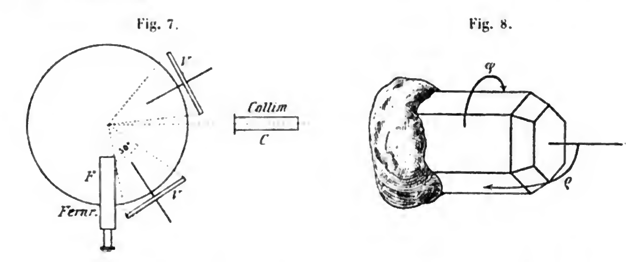


Gebiet der Beobachtung. Der Horizontalkreis kann keine ganze Umdrehung machen, ohne dass der Verticalkreis an das Fernrohr anstösst oder dem Collimator vor das Licht tritt. Nach Grösse des Verticalkreises, seiner Entfernung von der Mitte und seiner Durchbrochenheit (oder Durchsichtigkeit, wenn von Glas) ist das brauchbare Feld für $\measuredangle\,\varrho$ verschieden.

Deckt V einen Winkelraum von 60°, so ist der brauchbare Weg von ϱ bei senkrechter Incidenz und Beseitigung des Collimators (Gauss' Ocular) oder Heranrücken desselben an das Fernrohr $= 360° - 60° = 300°$. Durch Vortreten vor den Collimator gehen weitere 60° daraus verloren (abgesehen von dem zufälligen Eintreten von Reflexen in die Ausschnitte des durchbrochenen Kreises). Bei einem Winkel $CF = 90°$ hat ϱ bis zum Herantreten von V an eines der Rohre einen Weg von $360 - 90 - 60 = 210°$. Das reicht aber für die meisten Fälle aus. Denn in der Regel fehlt dem Krystall das eine Ende der Prismen. Werden diese äquatorial, d. h. $\perp V$ gestellt, so genügen für ϱ 180°. Der Verticalkreis mit $\measuredangle\,\varphi$ ist aber im ganzen Umfang zu gebrauchen. Ist der Krystall an beiden Enden ausgebildet, so ist ein Umsetzen nach dem Messen der einen Hälfte erforderlich.

Dies wird aber schon durch das Anheften und die Deckung durch die Schlitten nöthig.

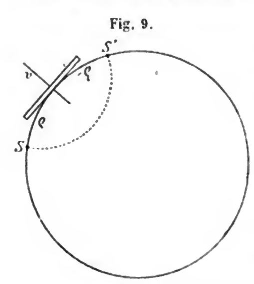
Fig. 7. Fig. 8.



Das **Gauss' Ocular** gewährt ϱ einen grossen Spielraum. Es hat auch sonst manche Vorzüge für die Messung. Sein Nachtheil ist die geringere Lichtstärke der Reflexe. Bei guter Ausbildung der Flächen geht die Messung damit gut. Ich will über die Grenzen seiner Verwendbarkeit einige Versuche machen.

Umsetzen eines Krystalles. Ein Krystall sei so befestigt, dass eine Zone (Prismen) äquatorial ($\perp V$) steht. Muss der Krystall umgesetzt werden, so geschehe das in der Weise, dass dieselbe Zone wieder äquatorial wird. Dann ist die neue Polebene die Gegenfläche der früheren. Der Anschluss an die Messungen der ersten Anheftung erfolgt durch Wiedermessen zweier Prismenflächen. Seien die Abmessungen nach dem Umsetzen φ', ϱ', so entsprechen dieselben, bezogen auf die erste Stellung:

Fig. 9.



$$\varphi = -\varphi'; \quad \varrho = 180^0 - \varrho'.$$

Sind die Ablesungen unten vh mit den Anfängen $v_0' h_0'$, so ist:

$$\varrho = (180^0 + h_0') - h; \quad \varphi = v_0' - v.$$

Da aber $h_0' v_0'$ neu festgestellt werden, so setzen wir h_0' statt $180^0 - h_0'$ und bilden:

für die obere Hälfte $\varphi = v_0 - v$; $\varrho = h_0 - h$,
für die untere Hälfte $\varphi = v - v_0'$; $\varrho = h - h_0'$.

Umschlagen zur Controle und Verminderung der Fehler. Spiegelt eine Fläche in Position S (Fig. 9), die um ϱ von der Polflache $\parallel V$ absteht, so kommt sie bei Drehung von V um 180^0 in Stellung S', so dass $S'v = -\varrho$. Beide Bestimmungen führten auf denselben Projectionspunkt, denn es ist:

$$x = \sin\varphi \operatorname{tg}\varrho = \sin(180^0 + \varphi) \operatorname{tg}(-\varrho)$$
$$y = \cos\varphi \operatorname{tg}\varrho = \cos(180^0 + \varphi) \operatorname{tg}(-\varrho).$$

Ist die Ablesung beim ersten Spiegeln $h_1 v_1$, beim zweiten $h_2 v_2$, so ist

$$\varrho = \tfrac{1}{2}(h_1 - h_2),$$

die Ablesung an H bei V in Polstellung: $h_0 = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)$,

endlich die verbesserte Ablesung an V: $v = \frac{1}{2}(v_2 + v_1 - 180^0)$.

Für besonders genaue Messungen empfiehlt sich dies Verfahren, das wir Umschlagen nennen wollen.

Aufsuchen der Polstellung von V. Von einer gut spiegelnden Fläche f centrirt man einen Eckpunkt, bringt dieselbe durch Drehen von H und V zum Spiegeln, liest an H ab, dreht V um 180° (Umschlagen) und stellt f durch Drehen von H und geringes Drehen von V wieder ein. Seien die Ablesungen von H h_1 und h_2, so ist die Polstellung bei der Marke $h_0 = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)$. Durch Verstellen der Fläche und Wiederholung des Verfahrens oder durch ebensolches Behandeln einer anderen Fläche controlirt und corrigirt sich der gefundene Werth h_0.

Polarstellung einer Fläche f.

1. Die Fläche f selbst vorhanden und spiegelnd. Man dreht H in die gefundene Polstellung h_0, centrirt einen Eckpunkt, bringt durch den Justirapparat den Reflex von f in's Fadenkreuz und prüft durch Drehen von V, ob der Reflex an seinem Orte bleibt.

Anm. Beschreibt der Reflex einen kleinen Kreis, trotz genauer Centrirung, so ist dessen Radius durch Drehen am horizontalen Cylinderschlitten zu verkleinern, der Mittelpunkt durch H an den Verticalfaden zu bringen. Gelingt das Polarstellen auf diese Weise nicht, so ist, wenn die Fläche gut ausgebildet und genau centrirt ist, nachzusehen, ob in der Befestigung nichts wackelt, eventuell die Justirung des Instrumentes zu revidiren.

2. Die Polarfläche f definirt durch eine zu ihr senkrechte Zone (Prismen). (Aequatorialstellen einer Zone.) Man centrirt und justirt eine Kante der Prismenzone in Bezug auf V (Horizontalfaden). Es sei die Ablesung an H bei V in Polstellung h_0. Man klemmt H bei $h_0 + 90^0$ fest und justirt nun genauer durch die Cylinderschlitten. Löst H wieder und verbessert die Centrirung, klemmt H bei $90^0 + h_0$ wieder fest und verbessert endgiltig die Justirung. Nun ist zu prüfen, ob auch für die anderen Prismenkanten richtig justirt ist, eventuell noch eine Correctur anzubringen. Bei h_0 steht jetzt f polar.

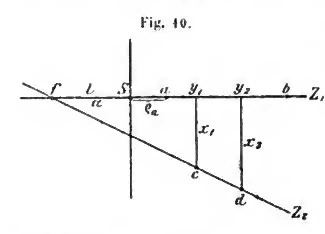
Dieser Fall ist besonders wichtig, denn die normale Projectionsebene ist in allen Systemen senkrecht zur Prismenzone. Ferner hat jede Projectionsebene senkrecht zu einer krystallographischen Zone die Eigenschaft, dass die Flächenpunkte in rationalen Abständen auftreten. Im monoklinen und im triklinen System existirt die normale Projectionsebene als Fläche nicht, bei manchen Krystallen der anderen Systeme ist sie unbekannt oder selten (z. B. Quarz). Dagegen sind in der Regel einige Flächen der Prismen-

zone ausgebildet und oft, wenn nicht die einzelnen Flächen derselben, doch die Zone scharf einstellbar.

Sind Polfläche und Prismen zugleich ausgebildet, so ist nach den Prismen einzustellen und zuzusehen, ob in Polstellung (h_0) der Reflex der Polfläche im Kreuz ist und beim Drehen von V seinen Ort nicht ändert. Ist dies nicht der Fall, so hat man sich in der Regel nach den Prismen zu richten. Denn die Zone hat eine grössere Stabilität als die Einzelfläche, da sie durch zwei oder mehr wichtige Flächen gespannt ist.

3. Die Polfläche f definirt durch eine Zone Z und $\measuredangle\, \alpha$ gegen eine Fläche a der Zone. Es sei wieder h_0 die Ablesung für V in Polstellung. Man stellt H auf $h_0 + \alpha$, klemmt, stellt Z senkrecht, justirt sie zum Verticalfaden (H) und bringt a durch den Justirapparat zum Spiegeln.

Fig. 10.



4. f definirt durch den Schnitt zweier Zonen Z_1 und Z_2. Z_1 sei gegeben durch die Flächen ab, Z_2 durch cd.

Man macht Z_1 zum ersten Meridian, d. h. man justirt Zone Z_1 auf H (Verticalfaden) und liest für acd die Winkel φ, ϱ ab, berechnet x_1, y_1, x_2, y_2 nach

$$x = \sin\varphi \operatorname{tg}\varrho; \quad y = \cos\varphi \operatorname{tg}\varrho,$$

so ist für $sf = l$, $\measuredangle\, sf = \alpha$

$$\frac{y_2 + l}{y_1 + l} = \frac{x_2}{x_1}; \quad l = \operatorname{tg}\alpha = \frac{y_1 x_2 - x_1 y_2}{x_1 - x_2}; \quad \measuredangle\, fa = \alpha + \varrho_a.$$

Damit ist die Aufgabe auf die vorige zurückgeführt.

Aufgabe (Fig. 23, S. 228). Eine Fläche c, die selbst nicht vorhanden oder nicht spiegelt, habe gegen die spiegelnden Flächen ab die Winkel $\alpha\beta$. Sie ist am Goniometer in eine Richtung einzustellen, definirt durch die Winkel $\varphi\varrho$, bezogen auf den Aequator ab, den ersten Meridian durch a.

Auflösung. Man stellt die Zone ab äquatorial, den ersten Meridian durch a, misst $\measuredangle\, ab = \gamma$, berechnet für c die Länge δ und die Polhöhe e nach S. 228. Waren die Anfangsablesungen v_0, h_0, so stellt man die Kreise auf $v_0 + \varphi - \delta$ resp. $h_0 + \varrho - e$ und hat c in der verlangten Stellung.

Vermöge dieser Aufgabe können wir jeder beliebigen Fläche oder Linie im Krystalle jede beabsichtigte Richtung geben. Dies ist besonders für physikalische Untersuchungen wichtig.

Wahl der Aufstellung. Hierunter wollen wir die Wahl der polar zu stellenden Fläche und des ersten Meridians verstehen. Das Polarstellen kann nach einer der vier oben angegebenen Arten geschehen. Es kann zwei verschiedenen Zwecken dienen.

1) Zum Durchmessen des Krystalles durch Ortsbestimmung.
2) Zum Winkelmessen.

Im zweiten Falle wechselt die Polebene, im ersten bleibt sie für das Durchmessen des ganzen Krystalles unverändert (Projectionsebene, Pol). Wir wollen den ersten Fall näher betrachten.

Die Wahl des ersten Meridians ist nicht so wichtig. Sie kann nach beendeter Messung durch Addition des gleichen Winkels zu allen gemessenen φ noch geändert werden; im Projectionsbild durch Drehen des Papiers um diesen Winkel. Entscheidend ist die Wahl des Poles, der Projectionsebene.

Wahl der Projectionsebene (Polebene). Wenn möglich ist als Pol die normale Projectionsebene zu wählen, das ist jedesmal die Ebene senkrecht zur Prismenzone, im regulären System eine Würfelfläche, im hexagonalen, tetragonalen, rhombischen die Basis. Lässt sich diese Aufstellung nicht oder nicht sicher machen, so ist die nächst einfache Projectionsebene, die Ebene senkrecht zu einer anderen der drei Axenzonen, zu nehmen, also der Zone [0.0∞] oder [$0.\infty 0$], d. i. [001 : 010] oder [001 : 100]. Die hierfür gefundenen Elemente und Symbole gehen in die gesuchten über durch Vertauschung zweier Axen.

Im ersten Fall geht $pq\ \lambda\mu\nu$ über in $\frac{p}{q}\frac{1}{q}\ \lambda\nu\mu$.

- zweiten - - - - - $\frac{1}{p}\frac{q}{p}\ \nu\mu\lambda$.

Sind die zu vertauschenden Axen senkrecht, also im tetragonalen, hexagonalen, rhombischen System, und im monoklinen für Polarstellen der Symmetrieebene, so können die Coordinaten der Projectionspunkte für normale Projection aus den Messungen φ, ϱ auch direct berechnet werden und zwar:

für den ersten Fall zu:	für den zweiten Fall:
$x = \operatorname{tg}\varphi$	$x = \frac{\operatorname{ctg}\varrho}{\sin\varphi}$
$y = \frac{\operatorname{ctg}\varrho}{\cos\varphi}$	$y = \operatorname{ctg}\varphi$.

Bei Krystallen niederer Symmetrie dürften selten alle drei Axenzonen zugleich fehlen. Ist dies doch der Fall, so ist die nächst wichtige Zone äquatorial zu stellen.

Im regulären System ist häufig eine Oktaëder- oder Dodekaëderfläche polar zu stellen. Im hexagonalen System führen die rechtwinkligen Coordinaten x, y unmittelbar auf die rhombische Deutung. Bei rhomboëdrischen Krystallen ist häufig die Ebene senkrecht zur Zone [+1 : +1] = [$R : R$] oder [—2 : —2] = [—2R : —2R] als Polebene zu wählen. Ueber

die in diesen Fällen eintretenden Umdeutungen und Umrechnungen mit Berücksichtigung der Meroëdrien vgl. diese Zeitschr. 1889, **17**, 191 und 1891, **19**, 35.

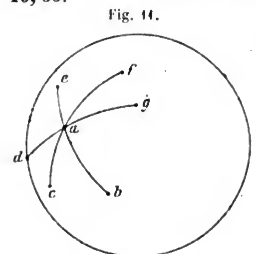


Fig. 11.

Messung der Flächenwinkel und der Zonen- (Kanten-) Winkel. Die Messung der Flächenwinkel kann, wie beim einkreisigen Goniometer, durch Einrichten einer Kante auf *V* oder *H* geschehen.

Stellen wir eine Fläche *a* (Fig. 11) polar, so geben die für die übrigen *b*, *c*, *d*, ... abgelesenen ϱ die Flächenwinkel *ab*, *ac*, *ad*, ..., die φ die Zonen-(Kanten-)Winkel *bac*, *bad*, ...

Anm. Bisher hatten wir keine Methode, die Kanten- (Zonen-) Winkel, ausser an den Kanten selbst zu messen und, da diese Art der Messung oft nicht möglich, stets ungenau ist, so verloren die Kantenwinkel, die bei Entstehung der Krystallographie beachtet wurden, an Bedeutung mit den erhöhten Anforderungen an die Genauigkeit. Sie sind aber im höchsten Grad beachtenswerth. Nicht nur machen sie die sphärischen Dreiecke vollständig und vereinfachen dadurch die Rechnung, sondern sie selbst sind charakteristisch. Besonders für die Vertheilung der Zonen. So haben z. B. die wesentlichsten Zonen im hexagonalen System die Winkel 30°, 60°, 90°, im tetragonalen 45°, 90°, im regulären 30°, 45°, 60°, 90°.

Krystallberechnung, Zeichnung, Discussion.

Nimmt die **Krystallberechnung** nicht von den Flächenwinkeln, sondern von den Winkelcoordinaten ihren Ausgang, so erfährt sie Abänderungen und wesentliche Vereinfachungen. Die Werthe $x = \sin\varphi \operatorname{tg}\varrho$, $y = \cos\varphi \operatorname{tg}\varrho$ geben sofort die Lage der Flächenpunkte in gnomonischer Projection. Da nun in dieser bei normaler Aufstellung die Elemente und Symbole abgelesen und abgemessen werden können*), so ist mit dem Eintragen in das Projectionsbild für viele Fälle die Berechnung bereits beendet. Nämlich für alle die Fälle, wo es sich bei bekannten Krystallarten um Identification der Elemente und Bestimmung der Symbole handelt.

Für Neubestimmung der Elemente kann das Ausmessen im Bild ebenfalls geschehen. Es ist wohl zu berücksichtigen, dass die graphische Bestimmung selbst bei vorsichtiger Ausführung die Schärfe der Rechnung nicht erreicht, doch genügt oft eine kleine Hülfsrechnung im Anschluss an das Bild zur Erzielung der nöthigen Exactheit. Durch gewisse Durchschnittsrechnungen wird die Genauigkeit der Elementbestimmungen wesentlich erhöht (s. weiter unten).

*) Vergl. Proj. S. 15, 29—31, 41 u. a. Index **1**, 15 u. a. Proj. bezeichne die Schrift d. Verf.: Ueber Projection u. graph. Krystallberechnung.

Für viele andere Aufgaben tritt das graphische Verfahren ebenfalls in sein Recht. So zur Bestimmung der Flächenwinkel, zum Eintragen einzelner Flächen auf Grund von Winkelmessungen bei nicht normaler Aufstellung, für den Ausgleich schwankender Positionen auf ihren wahrscheinlichen Ort, für die Discussion facettirter, einfach und doppelt gekrümmter Flächen, deren Reflexe als Punktgruppen, Linien, Flecke im Bild erscheinen; für die Untersuchung der Abweichung von Flächen aus ihrer normalen Position auf Gesetzmässigkeit und Ursache; für das Zerfällen eines nicht einheitlichen Krystalles in unabhängige Theile, Aufsuchen von Zwillingsstücken und Zwillingsgesetz *).

Aus dem gnomonischen Bild leitet sich einfach das stereographische**) ab, ebenso die Kopfbilder***) und die perspectivischen†) Bilder. Ist der betreffende Krystall aus mehreren Individuen zusammengesetzt, wird aber bei der Messung als Ganzes behandelt, so ist das aus den x, y aufgetragene Projectionsbild die directe Unterlage zum perspectivischen Zeichnen des Complexes*).

Bestimmung der Elemente und Symbole aus Messungen.

Die beste Art der Elementbestimmung ist eine solche, bei der alle guten Flächen benutzt werden. Sind die Punkte aus ihren x, y in's Bild gebracht, so zeigt sich, ebenso wie in den gemessenen Winkeln, welche Flächen in ihrer Lage gestört oder unsicher sind. Bestätigt eine Revision die Unsicherheit, so sind solche Flächen, so lange genug bessere vorhanden, von der Elementbestimmung auszuschliessen.

Revision von h_0. h_0 sei die Ablesung an H für die Polstellung von V. h_0 ist der Werth, der allen Ablesungen an H abzuziehen ist, um die ϱ zu bekommen. Man revidirt und verbessert h_0 auf zwei Arten:

1) durch Umschlagen für eine Anzahl von Flächen (s. oben);

2) auf folgende Weise: Man zieht von den H-Ablesungen das gefundene h_0 ab. Dann sollten für viele Flächen die Poldistanzen ϱ gleich sein; z. B. für alle Prismenflächen $= 90^0$. Das wird nicht genau zutreffen. Man gleicht die Abweichungen aus und findet so verbesserte ϱ resp. ein h_0, das solche liefert.

Seien z. B. für die Prismen die durch Abziehen von h_0 gefundenen $\varrho = 90^0 + \delta_1,\ 90^0 + \delta_2, \ldots, 90^0 + \delta_n$, wobei die $\delta \pm$ sein können; so zieht man von jedem ϱ zum Ausgleich $\frac{1}{n}(\delta_1 + \delta_2 + \cdots + \delta_n)$ ab oder, was

*) Ueber die Untersuchung von Krystallgruppen folgt eine besondere Mittheilung.

**) Proj. S. 37, 38.

***) Proj. S. 80.

†) Diese Zeitschr. 1891, **19**, 352.

dasselbe ist, das verbesserte h_0 ist $h_0' = h_0 + \frac{1}{n}(\delta_1 + \delta_2 + \cdots + \delta_n)$. Nach dieser Correctur steht die Projectionsebene möglichst genau senkrecht auf allen Prismenflächen zugleich.

Wahl und Revision von v_0. v_0 sei die Ablesung von V für den ersten Meridian, von dem die Zählung der φ ausgehen soll. Man wählt v_0 so, dass Zone $[O:O\infty] = [001:010]$ zum ersten Meridian wird, d. h. dass die Flächen dieser Zone $\varphi = 0$ haben. Lässt sich das nicht übersehen, so zieht man versuchsweise eines der abgelesenen v von den anderen ab. Zur besseren Uebersicht sind die Werthe $> 180^0$ als —Winkel einzuführen. $180^0 + \alpha = -(180^0 - \alpha)$; $360^0 - \alpha = -\alpha$. Tritt in den so gefundenen φ die Symmetrie des Krystalles noch nicht hervor, so ist es mit einem anderen v_0 zu versuchen. Haben wir z. B. einen tetragonalen Krystall, so sind mehrere $\varphi = 45^0$ zu erwarten. Treten solche auf, so war die Wahl wahrscheinlich richtig. Eventuell ist noch Zufügen von 45^0 nöthig. Die auftretenden Winkel zeigen sich aber nicht genau $= 45^0$, 90^0, auch andere Winkel, die gleich sein sollten, sind dies nur angenähert. Finden wir statt 45^0, 90^0 resp. statt des Mittels α gleich sein sollender Winkel $(45^0, 90^0, \alpha) + \delta_1$, $(\ ) + \delta_2$, ..., $(\ ) + \delta_n$, wobei die $\delta \pm$ sein können, so ist von jedem φ abzuzählen: $\frac{1}{n}(\delta_1 + \delta_2 + \cdots + \delta_n)$, oder, was dasselbe ist, statt des verwendeten v_0 zu setzen: $v_0' = v_0 + \frac{1}{n}(\delta_1 + \delta_2 + \cdots + \delta_n)$.

Berechnung der x, y. Nun ist zu prüfen, ob die Aufstellung wirklich die gewünschte ist und sind aus den rectificirten φ, ϱ die x, y zu berechnen nach der Formel:

$$x = \sin\varphi \operatorname{tg}\varrho, \quad y = \cos\varphi \operatorname{tg}\varrho.$$

Eintragen in's Projectionsbild. Am besten in ein tetragonales Netz*), bei hexagonalen Krystallen in ein hexagonales Netz*). Dann ist um den Scheitelpunkt S der Grundkreis mit dem Radius 1 (praktisch etwa = 5 cm) zu ziehen.

Ablesen der Symbole. In dem Bild lassen sich nach erfolgter Wahl des Anfangs und der Einheiten die Symbole ablesen und die Elemente abmessen.

Abmessen der Elemente im Projectionsbild.

Triklines System (Fig. 12). Im Bild erscheinen vielfach wiederholt die Längen $p_0 q_0$ und der Winkel ν. Sie lassen sich aus dem Durchschnitt der Abmessungen, wenn genug sichere Punkte vorhanden, mit grosser Genauigkeit finden. x_0 lässt sich an mehreren Stellen messen, y_0, d, $\delta = \varphi_0$

*) Vergl. Fussnote S. 212.

an einer Stelle. Kommt es auf Genauigkeit an, so bedürfen mindestens $y_0 d \delta$ einer Berechnung. Besser ist es dann, auch $p_0 q_0 \nu$ zu berechnen, ebenso $\lambda \mu r_0 \varrho_0$. Bei diesen Abmessungen ist $h = 1$. Soll $r_0 = 1$ werden, so sind die Längen $p_0 q_0 x_0 y_0 d h$ mit $\cos \varrho_0$ zu multipliciren (s. unten).

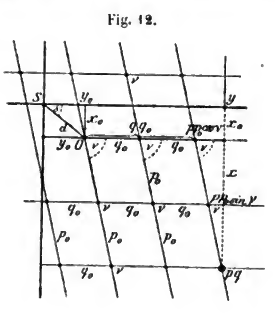


Fig. 12.

Monoklines System. Hier sind p_0, q_0, $e = \operatorname{ctg} \mu$ abzumessen. Dabei ist $h = 1$. Soll $r_0 = 1$ werden, so sind die Längen $p_0 q_0 e h$ mit $\sin \mu$ zu multipliciren.

Im **rhombischen System** sind $q_0 p_0$ abzumessen, im **tetragonalen** und **hexagonalen** p_0; im **regulären** bestätigt die Abmessung $p_0 = q_0 = 1$, dass dies System vorliegt und zeigt, wie genau die Ausbildung ist.

Berechnung der Elemente im Anschluss an das Projectionsbild.

Triklines System (Allgemeiner Fall) (Fig. 12). Es sind zu bestimmen: $p_0 q_0 r_0$, $\lambda \mu \nu$, $x_0 y_0$, $d \delta$, $\varphi_0 \varrho_0$ für $h = 1$.

Zunächst ν durch directe Messung am Krystall: $\nu = \sphericalangle(O\infty : \infty O) = \sphericalangle(010 : 100)$ oder durch Ausmessen im Bild und Bildung des Mittels, oder endlich durch beides.

Ist nicht $O\infty$, ∞O vorhanden, sondern $O\infty$ und zwei andere Prismenflächen, so berechnet sich ν nach der Z o n e n f o r m e l (vgl. Index **1**, 116). Ist ferner für eine Prismenfläche $\sphericalangle\left(\frac{p}{q}\infty : O\infty\right) = \alpha$, so ist

$$\frac{p p_0}{q q_0} = \frac{\sin \alpha}{\sin (\nu - \alpha)}.$$

Daraus lässt sich, wenn $p q \nu \alpha$ gegeben, $p_0 : q_0$ berechnen, wenn $p p_0$ $q q_0$ α bekannt, ν. Ebenso sind $p_0 q_0$ im Bilde zu messen.

Nun ist für $h = 1$:

$$x = x_0 + p p_0 \sin \nu.$$
$$y = y_0 + q q_0 + p p_0 \cos \nu.$$

Daraus folgt:

$$x_1 = x_0 + p_1 p_0 \sin \nu$$
$$x_2 = x_0 + p_2 p_0 \sin \nu$$
$$y_1 = y_0 + q_1 q_0 + p_1 p_0 \cos \nu$$
$$y_2 = y_0 + q_2 q_0 + p_2 p_0 \cos \nu$$

$$\frac{x_1 - x_2}{p_1 - p_2} = p_0 \sin \nu$$

$$\frac{y_1 - y_2 - (q_1 - q_2) q_0}{p_1 - p_2} = p_0 \cos \nu$$

$$\frac{y_1 - y_2 - (q_1 - q_2) q_0}{x_1 - x_2} = \operatorname{ctg} \nu.$$

Hieraus berechnet sich für zwei beliebige $p_1 q_1$, $p_2 p_2$, wenn p_0 oder q_0 bekannt, ν. Sind beide bekannt, so haben wir eine Controle. Ist ν nahe 90°, so ist die Bestimmung aus ctg genauer. Ist ν bekannt, so berechnen sich hieraus $p_0 q_0$. Aus den durch je zwei Punkte bestimmten Werthen ist das Mittel zu nehmen. Man kann auch direct **Durchschnittsformeln** anschreiben:

$$p_0 = \frac{2}{n \sin \nu} \left[\frac{x_1 - x_2}{p_1 - p_2} + \frac{x_3 - x_4}{p_3 - p_4} + \cdots + \frac{x_{n-1} - x_n}{p_{n-1} - p_n} \right],$$

$$q_0 = \frac{2}{n(q_1 - q_2)} [y_1 - y_2 + y_3 - y_4 + \cdots + y_{n-1} - y_n - (x_1 - x_2 + x_3 - x_4 + \cdots + x_{n-1} - x_n) \operatorname{ctg} \nu],$$

$$\sin \nu = \frac{2}{n p_0} \left[\frac{x_1 - x_2}{p_1 - p_2} + \frac{x_3 - x_4}{p_3 - p_4} + \cdots + \frac{x_{n-1} - x_n}{p_{n-1} - p_n} \right].$$

Nachdem $p_0 q_0 \nu$ festgestellt, berechnen sich:

$$\begin{aligned} x_0 &= x_1 - p_1 p_0 \sin \nu & y_0 &= y_1 - q_1 q_0 - p_1 p_0 \cos \nu \\ &= x_2 - p_2 p_0 \sin \nu & &= y_2 - q_2 q_0 - p_2 p_0 \cos \nu \\ &\ldots\ldots & &\ldots\ldots \\ &= x_n - p_n p_0 \sin \nu & &= y_n - q_n q_0 - p_n p_0 \cos \nu. \end{aligned}$$

Wiederholt oder nach den Durchschnittsformeln:

$$x_0 = \frac{1}{n} [x_1 + x_2 + \cdots + x_n - (p_1 + p_2 + \cdots + p_n) p_0 \sin \nu],$$

$$y_0 = \frac{1}{n} [y_1 + y_2 + \cdots + y_n - (q_1 + q_2 + \cdots + q_n) q_0 - (p_1 + p_2 + \cdots + p_n) \cos \nu].$$

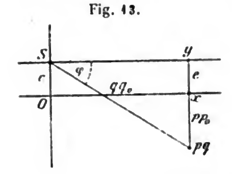
Ferner ist:

$$\varphi_0 = \delta \qquad d = \operatorname{tg} \varrho_0 = \frac{x_0}{\sin \varphi_0} \qquad \cos \lambda = \cos \varphi_0 \sin \varrho_0$$

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \operatorname{tg} \delta = \frac{x_0}{y_0} \qquad r_0 = \frac{1}{\cos \varrho_0} \qquad \cos \mu = \cos (\nu - \varphi_0) \sin \varrho_0.$$

Soll nicht h, sondern $r_0 = 1$ sein, so sind die Längen $p_0 q_0 x_0 y_0 d h$ mit $\cos \varrho_0$ zu multipliciren.

Fig. 13.



Monoklines System (Fig. 13). Hier ist: für $h = 1$:

$$x = p p_0 + e \qquad x_1 = p_1 p_0 + e$$
$$y = q q_0 \qquad x_2 = p_2 p_0 + e$$

$$x_1 - x_2 = (p_1 - p_2) p_0$$
$$x_3 - x_4 = (p_3 - p_4) p_0.$$

Somit:

$$p_0 = \frac{x_1 - x_2}{p_1 - p_2} = \frac{x_3 - x_4}{p_3 - p_4} = \ldots = \frac{x_{n-1} - x_n}{p_{n-1} - x_n}$$

$$q_0 = \frac{y_1}{q_1} = \frac{y_2}{q_2} = \cdots = \frac{y_n}{q_n}$$

$$e = x_1 - p_1 p_0 = x_2 - p_2 p_0 = \cdots = x_n - p_n p_0$$

oder $$p_0 = \frac{2}{n}\left(\frac{x_1 - x_2}{p_1 - p_2} + \frac{x_3 - x_4}{p_3 - p_4} + \cdots + \frac{x_{n-1} - x_n}{p_{n-1} - p_n}\right)$$

$$q_0 = \frac{1}{n}\left(\frac{y_1}{q_1} + \frac{y_2}{q_2} + \cdots + \frac{y_n}{q_n}\right)$$

$$e = \frac{1}{n}\left[(x_1 + x_2 + \cdots + x_n) - (p_1 + p_2 + \cdots + p_n) p_0\right].$$

Es ist ferner:

$$\operatorname{ctg} \mu = e \qquad r_0 = \frac{1}{\sin \mu}.$$

Für den Prismenwinkel $\left(\frac{p}{q}\infty : 0\infty\right) = \alpha$ ist:

$$\frac{p p_0}{q q_0} = \operatorname{tg} \alpha; \quad \frac{p_0}{q_0} = \frac{q}{p} \operatorname{tg} \alpha.$$

Soll nicht h, sondern $r_0 = 1$ sein, so sind die Längen $p_0 q_0 e h$ mit $\sin \mu$ zu multipliciren.

Rhombisches System. Es ist:

$$x = p p_0 \qquad p_0 = \frac{x_1}{p_1} = \frac{x_2}{p_2} = \cdots = \frac{x_n}{p_n}$$

$$y = q q_0 \qquad q_0 = \frac{y_1}{q_1} = \frac{y_2}{q_2} = \cdots = \frac{y_n}{q_n}$$

$$p_0 = \frac{1}{n}\left(\frac{x_1}{p_1} + \frac{x_2}{p_2} + \cdots + \frac{x_n}{p_n}\right)$$

$$q_0 = \frac{1}{n}\left(\frac{y_1}{q_1} + \frac{y_2}{q_2} + \cdots + \frac{y_n}{q_n}\right).$$

Für den Prismenwinkel $\left(\frac{p}{q}\infty : 0\infty\right) = \alpha$ ist:

$$\frac{p p_0}{q q_0} = \operatorname{tg} \alpha; \quad \frac{p_0}{q_0} = \frac{p}{q} \operatorname{tg} \alpha.$$

Hexagonales System, nach Art des rhombischen behandelt, liefert (vergl. diese Zeitschr. 1889, **17**, 194):

$$p_0 = \frac{p_0'}{2} = \frac{1}{n}\left(\frac{x_1}{p_1} + \frac{x_2}{p_2} + \cdots + \frac{x_n}{p_n}\right) \qquad p_0' = \frac{1}{n}\left[\left(\frac{x_1}{p_1} + \cdots + \frac{x_n}{p_n}\right)\right.$$

$$q_0 = \frac{p_0'}{2}\sqrt{3} = \frac{1}{n}\left(\frac{y_1}{q_1} + \frac{y_2}{q_2} + \cdots + \frac{y_n}{q_n}\right) \qquad \left. + \frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{y_1}{q_1} + \cdots + \frac{y_n}{q_n}\right)\right].$$

Tetragonales System. Es ist:

$$x = p\,p_0 \qquad p_0 = \frac{x_1}{p_1} = \frac{x_2}{p_2} = \cdots = \frac{x_n}{p_n}$$

$$y = q\,p_0 \qquad\quad = \frac{y_1}{q_1} = \frac{y_2}{q_2} = \cdots = \frac{y_n}{q_n}$$

$$p_0 = \frac{1}{2n}\left[\left(\frac{x_1}{p_1} + \frac{x_2}{p_2} + \cdots + \frac{x_n}{p_n}\right) + \left(\frac{y_1}{q_1} + \frac{y_2}{q_2} + \cdots + \frac{y_n}{q_n}\right)\right].$$

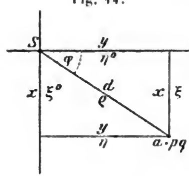
Reguläres System. Es ist:

$$x = p \qquad \text{Die Prüfung zeigt, wieweit: } 1 = \frac{x_1}{p_1} = \cdots = \frac{x_n}{p_n}$$

$$y = q \qquad\quad = \frac{y_2}{p_2} = \cdots = \frac{y_n}{p_n}$$

$$\frac{1}{2n} = \left[\left(\frac{x_1}{p_1} + \cdots + \frac{x_n}{p_n}\right) + \left(\frac{y_1}{q_1} + \cdots + \frac{y_n}{q_n}\right)\right].$$

Fig. 14.

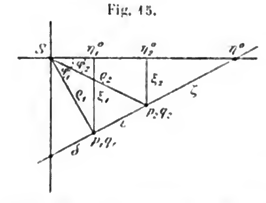


Charakteristische Winkel und Längen (Fig. 14). Für jede Fläche $a = pq$ mögen folgende Winkel und Längen als charakteristisch gelten. Eine Tabelle dieser Werthe für die beobachteten Formen erscheint nützlich für weitere Berechnung, sowie zum Vergleich. Sie mag folgende Einrichtung haben:

Buchst. a	Symbol pq	φ	ϱ	$d = \operatorname{tg}\varrho$	$x = \sin\varphi \operatorname{tg}\varrho = \operatorname{tg}\xi^0$	$y = \cos\varphi \operatorname{tg}\varrho = \operatorname{tg}\eta^0$	ξ^0	η^0	ξ $\sin\xi = \sin\varphi\sin\varrho$	η $\sin\eta = \cos\varphi\sin\varrho$

Wir wollen die Buchstaben in diesem Sinn festhalten. Das Symbol der Fläche oder ihrer Buchstaben kann man eventuell als Index anhängen, z. B. ϱ_{12}, x_a.

Fig. 15.



Flächenwinkel, Berechnung (Fig. 15). Der Winkel ε zwischen zwei Flächen p_1q_1 und p_2q_2 lässt sich auf verschiedene Art berechnen, 1) nach der Formel

$$\cos\varepsilon = \cos\varrho_1 \cos\varrho_2 + \sin\varrho_1 \sin\varrho_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2).$$

In vielen Fällen vereinfacht sich die Formel, z. B. für $\varphi_1 - \varphi_2 = 90^0$.

2) Nach der Zonenformel (Index **1**, 113), wenn in der Zone zwei Winkel und vier Symbole bekannt sind.

3) Ist eine Tabelle der charakteristischen Winkel und Längen vorhanden, so berechnet sich ε aus:

$$\cos \zeta = \cos(\eta^0 - \eta_2{}^0) \cos \xi_2$$
$$\cos(\varepsilon + \zeta) = \cos(\eta^0 - \eta_1{}^0) \cos \xi_1 .$$

Flächenwinkel. Graphische Bestimmung. Die einfachste Winkelbestimmung ist die graphische. (Vergl. Proj. S. 41.) Ihre Genauigkeit, im Mittel etwa zehn Minuten, ist für viele Fälle, so besonders für Identificationen ausreichend.

Berechnung der Winkel φ, ϱ aus Elementen und Symbolen.

Triklines System. Es ist:

$$x = x_0 + pp_0 \sin \nu \qquad y = y_0 + qq_0 + pp_0 \cos \nu$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{y}$$

$$\operatorname{tg} \varrho = \frac{1}{h} \sqrt{x^2 + y^2} \qquad \operatorname{tg} \varrho = \frac{x}{h \sin \varphi} = \frac{y}{h \cos \varphi} .$$

Monoklines System. Es ist:

$$x = pp_0 + e \qquad y = qq_0 \qquad h = \sin \mu \qquad e = \cos \mu$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{y}$$

$$\operatorname{tg} \varrho = \frac{1}{h} \sqrt{x^2 + y^2} \qquad \operatorname{tg} \varrho = \frac{x}{h \sin \varphi} = \frac{y}{h \cos \varphi} .$$

Rhombisches System. Es ist:

$$x = pp_0 \qquad y = qq_0$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{y} = \frac{pp_0}{qq_0}$$

$$\operatorname{tg} \varrho = \sqrt{x^2 + y^2} \qquad \operatorname{tg} \varrho = \frac{x}{\sin \varphi} = \frac{y}{\cos \varphi} .$$

Hexagonales System (Fig. 16). Nehmen wir die Bezeichnung der Einzelflächen nach Index 1, 143, so hat eine Form $a = pq$ die Einzelflächen a^1, ${}^1a$, a^2, ${}^2a$, ... Bezeichnen wir den $\measuredangle\, \varphi$ für a^1 mit φ^1, so ist:

$$x = q \sqrt{3}\, \frac{p_0}{2}$$

$$y = (2p + q) \frac{p_0}{2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi^1 = \frac{x}{y} = \frac{q\sqrt{3}}{2p + q}$$

$$\operatorname{tg} \varrho = p_0 \sqrt{p^2 + pq + q^2} .$$

Fig. 16.

Es ist oft bequem, die hexagonalen Krystalle als rhombische zu behandeln und die erhaltenen Elemente

und Symbole schliesslich in hexagonale umzusetzen*). In dem Fall sind die $\varphi\,\varrho$ nach rhombischer Art zu berechnen.

Tetragonales System. Es ist:

$$x = p p_0 \qquad y = q p_0 \qquad \operatorname{tg}\varphi = \frac{p}{q} \qquad \begin{cases} \operatorname{tg}\varrho = p_0 \sqrt{p^2 + q^2} \\ \operatorname{tg}\varrho = \dfrac{x}{\sin\varphi} = \dfrac{y}{\cos\varphi}. \end{cases}$$

Reguläres System. Es ist:

$$x = p \qquad y = q \qquad \operatorname{tg}\varphi = \frac{p}{q} \qquad \begin{cases} \operatorname{tg}\varrho = \sqrt{p^2 + q^2} \\ \operatorname{tg}\varrho = \dfrac{p}{\sin\varphi} = \dfrac{q}{\cos\varphi}. \end{cases}$$

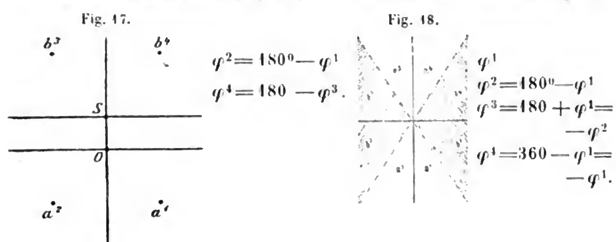
Gesammtformen und Einzelflächen. Die Einzelflächen einer Gesammtform haben auch bei normaler Aufstellung verschiedene φ. Die ϱ sind gleich ausser im regulären System. Es ist aber nicht nöthig, in einer Winkeltabelle die φ der Einzelflächen anzugeben. Wie weit es bei Mittheilung der Beobachtungen erwünscht ist, sie auseinander zu halten, ist in jedem Fall Sache der Beurtheilung. Sind für eine Fläche einer Gesammtform die $\varphi\varrho$ bekannt, so lassen sich die der anderen sofort aufschreiben.

Wir wollen für die Gesammtform stets die kleinsten $\varphi\,\varrho$ angeben d. h. die aus dem ersten (dritten) Quadranten (Oktanten, Dodekanten). Wir verwenden die im Index **1**, 143 eingeführte Bezeichnung der Einzelflächen; φ^1, ${}^2\varphi$, ... mögen zu den Flächen a^1, ${}^2a$, ... gehören. Wir nennen auch wohl kurz eine Fläche $\varphi\,\varrho$ eine solche mit den Winkelcoordinaten $\varphi\,\varrho$ und nennen $\varphi\,\varrho$ das **Winkelsymbol** der Fläche.

Gegenfläche. Die Winkel der Gegenfläche von $\varphi\,\varrho$ sind φ, $180^0 - \varrho$.

Triklines System hat nur Fläche und Gegenfläche.

Monoklines System (Fig. 17). **Rhombisches System** (Fig. 18).

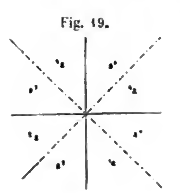


$$\varphi^2 = 180^0 - \varphi^1 \qquad \varphi^4 = 180 - \varphi^3.$$

$$\varphi^1 \qquad \varphi^2 = 180^0 - \varphi^1 \qquad \varphi^3 = 180 + \varphi^1 = -\varphi^2 \qquad \varphi^4 = 360 - \varphi^1 = -\varphi^1.$$

*) Vergl. Index **1**, 64. Diese Zeitschr. 1889, **17**, 193; 1891, **19**, 43.

Tetragonales System (Fig. 19).


Fig. 19.

φ^1	$\varphi^3 = 180^0 + \varphi^1$
${}^1\varphi = \ \ 90^0 - \varphi^1$	${}^3\varphi = 270 \ - \varphi^1$
$\varphi^2 = \ \ 90 \ + \varphi^1$	$\varphi^4 = 270 \ + \varphi^1$
${}^2\varphi = 180 \ - \varphi^1$	${}^4\varphi = 360 \ - \varphi^1$.

Hexagonales System (Fig. 20).

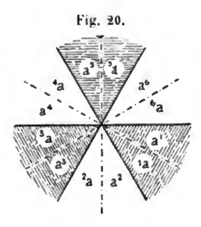
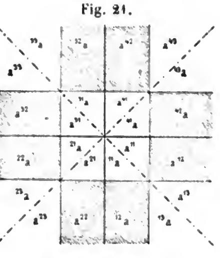


Fig. 20.

φ^1	$\varphi^4 = 180^0 + \varphi^1 = -\,{}^3\varphi$
${}^1\varphi = \ \ 60^0 - \varphi^1$	${}^4\varphi = 240 \ - \varphi^1 = -\,\varphi^3$
$\varphi^2 = \ \ 60 \ + \varphi^1$	$\varphi^5 = 240 \ + \varphi^1 = -\,{}^2\varphi$
${}^2\varphi = 120 \ - \varphi^1$	${}^5\varphi = 300 \ - \varphi^1 = -\,\varphi^2$
$\varphi^3 = 120 \ + \varphi^1$	$\varphi^6 = 300 \ + \varphi^1 = -\,{}^1\varphi$
${}^3\varphi = 180 \ - \varphi^1$	${}^6\varphi = 360 \ - \varphi^1 = -\,\varphi^1$.

Reguläres System (Fig. 21 u. 22). Die Einzelflächen der Gebiete I: $pq \leqq 1$, II: p oder $q \geqq 1$, III: $pq \geqq 1$ haben wesentlich verschiedene $\varphi\,\varrho$.


Fig. 21.

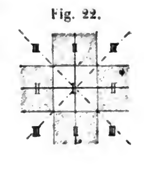
Es ist für $p < q < 1$ das Symbol in II: $\frac{p}{q}\frac{1}{q}$, in III: $\frac{q}{p}\frac{1}{p}$.

Danach ist:

$\operatorname{tg} \varphi^{12} = p$ $\qquad$ $\operatorname{tg} \varphi^{13} = q$

$\operatorname{tg} \varrho^{12} = \frac{1}{q}\sqrt{p^2 + 1}$ $\qquad$ $\operatorname{tg} \varrho^{13} = \frac{1}{p}\sqrt{q^2 + 1}$.

Schreibt man, wie dies auch im Formenverzeichnisse des Index geschehen, für jede Form die drei Symbole I, II, III an, so ist zur Berechnung der Krystall als tetragonal mit $p_0 = 1$ zu behandeln.


Fig. 22.

Beispiel:

$x^{11} = \frac{1}{3}\,\frac{2}{3}$	$x^{12} = \frac{1}{2}\,\frac{3}{2}$	$x^{13} = 2\ 3$
$\operatorname{tg} \varphi^{11} = \frac{1}{2}$	$\operatorname{tg} \varphi^{12} = \frac{1}{3}$	$\operatorname{tg} \varphi^{13} = \frac{2}{3}$
$\operatorname{tg} \varrho^{11} = \frac{1}{3}\sqrt{5}$	$\operatorname{tg} \varrho^{12} = \frac{1}{2}\sqrt{10}$	$\operatorname{tg} \varrho^{13} = \sqrt{13}$.

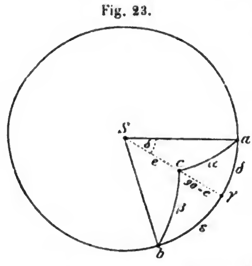
Transformation. Musste die Projectionsebene von minder einfacher Lage gewählt werden, so ist eine nachfolgende Transformation nöthig. Diese kann geschehen:

1) Graphisch durch Umwälzung des Projectionsbildes.

2) Durch Transformation der Symbole und daraus folgende Umrechnung der Elemente.

3) Durch Umrechnung der Winkel $\varphi\varrho$ und Coordinaten xy.

Fig. 23.



Die graphische Umwälzung findet sich Proj. S. 67 behandelt, die Transformation der Symbole und Umrechnung der Elemente Index **1**, 87 flgde.

Umrechnung von $\varphi\varrho$ und xy in die Werthe der neuen Aufstellung $\varphi'\varrho'$ und $x'y'$. Es sei Fig. 23 die Polebene $\perp ab$. c soll zur Polebene werden. c definirt durch $ca = \alpha$, $cb = \beta$, $ab = \gamma$.

Man berechnet $cs = e$, $csa = \delta$, $csb = \varepsilon$ nach folgenden Formeln:

$$\sin(90^0 - e) = \cos e = \frac{2}{\sin\gamma}\sqrt{\sin\sigma\sin(\sigma-\alpha)\sin(\sigma-b)\sin(\sigma-\gamma)},$$

$$\text{wobei}\quad \sigma = \frac{\alpha+\beta+\gamma}{2};\ \cos\delta = \frac{\cos\alpha}{\sin e};\quad \cos\psi = \frac{\cos\beta}{\sin e};$$

$$\text{Controle: } \delta + \varepsilon = \gamma.$$

Die Ausrechnung kann nach folgendem in sich controlirtem Schema und Beispiel erfolgen*).

Schema.

1	2	3	4	5	6
α	$\sigma - \alpha$	lg sin 21	31 + 32 + 33 + + 34 + 060206	lg cos α	51 — 53 = lg cos δ
β	$\sigma - \beta$	lg sin 22	$\frac{4}{2}$	lg cos β	52 — 53 = lg cos ε
γ	$\sigma - \gamma$	lg sin 23	lg sin γ	lg sin e	δ
σ	21 + 22 + 23 = σ (Controle)	lg sin 24 060206	42 — 43 = lg cos e	e	e

Controle: $\psi + \varphi = \gamma$.

Beispiel.

1	2	3	4	5	6
32⁰	31⁰	971 184	909 871	992 842	997 745
42⁰	21⁰	955 433	954 935	987 107	992 010
52⁰	11⁰	928 060	989 653	995 097	18⁰ 18′ δ
63⁰	63⁰	994 988 060 206	965 282	26⁰ 43′ e	33⁰ 42′ ε

*) Ueber das Rechnen in geschlossenem Schema, vergl. Index **1**, 65 u. 66.

Zieht man von jedem φ δ ab, so geht der erste Meridian durch c (Fig. 24).

Wird so umgedreht, dass c nach S kommt, so gelangt ein Punkt g mit den Winkelcoordinaten $\varphi - \delta, \varrho$ nach g'. Dabei ist von den charakteristischen Winkeln (S. 224).

$$\xi' = \xi \qquad \eta^{01} = \eta^0 - e.$$

$x' y'$, $\varphi' \varrho'$ berechnen sich aus:

$$y' = \operatorname{tg} (\eta^0 - e);$$

$$x' = \frac{\operatorname{tg} \xi}{\cos (\eta^0 - e)};$$

$$\operatorname{ctg} \varrho' = \operatorname{ctg} \xi \sin (\eta^0 - e);$$

$$\cos \varphi' = \cos \xi \cos (\eta^0 - e);$$

Fig. 24.

wobei
$$\sin \xi = \sin \varrho \sin (\varphi - \delta)$$
$$\operatorname{tg} \eta^0 = \operatorname{tg} \varrho \cos (\varphi - \delta).$$

Controle:
$$\sin \varrho' \sin \varphi' = \sin (\varphi - \delta) \sin \varrho$$
$$x' \operatorname{ctg} \varphi' = y'.$$

Anm. Für einzelne Flächen mag diese Art der Umrechnung vortheilhaft sein. Für eine grössere Zahl ist sie zu umständlich und ist die Umrechnung der Elemente und Transformation der Symbole vorzuziehen.

Zur Berechnung diene das folgende Schema.

Schema.

	1	2	3	4	5
1	$\varphi - \delta$	lg sin $(\varphi - \delta)$	lg cos $(\varphi - \delta)$	lg sin ϱ'	lg sin φ'
2	ϱ	lg sin ϱ	lg tg ϱ	24 + 35 = lg cos ϱ'	ϱ'
3	η^0	21 + 22 = lg sin ξ	31 + 32 = lg tg η^0	25 — 34 = lg ctg φ'	φ'
4	ξ	lg cos ξ	lg tg ξ	34 — 35 = lg x'	x'
5	$\eta^0 - e$	lg sin $(\eta^0 - e)$	lg cos $(\eta^0 - e)$	lg tg $(\eta^0 - e)$ = lg y'	y'

Controle: 21 + 22 = 41 + 51; 43 + 44 = 45.

Beispiel: $\varphi = 50^0$, $\varrho = 47^0$, $\delta = 15^0$, $e = 12^0$.

1	2	3	4	5
35° 0′	975 859	991 336	969 725	992 553
47 0	986 413	983 378	993 812	29° 51′,1 ϱ'
29 11,′4	962 272	974 714	980 586	57° 24′,0 φ'
24 48,1	995 797	966 475	968 459	0,4837 x'
17 11,4	947 061	998 015	949 046	0,3093 y'

Controle: 962 272
962 280

Vortheile. Von den Vortheilen dieses Instrumentes gegenüber dem einkreisigen mögen die folgenden hervorgehoben werden.

1) Die Messung geht rascher und bequemer. Zur Bestimmung der Positionen ist nur für die Polfläche ein Justiren nöthig, nicht für jede Kante. Einmaliges Aufsetzen, wenn Ausbildung an beiden Enden, noch einmaliges Umsetzen, genügt zum Durchmessen des Krystalls.

2) Ist eine Fläche f polar gestellt, so liefern die ϱ die Winkel von f mit den übrigen Flächen, zugleich die φ die Winkel aller Zonen (Kanten), denen f angehört.

3) Es ist nicht nöthig zur Bestimmung der Position den Winkel einer Fläche gegen mehrere zu messen, vielmehr genügt Einstellen des Reflexes und Ablesen von $\varphi\varrho$. Durch das Umschlagen (neben dem Repetiren) kann die Genauigkeit der Bestimmung von $\varphi\varrho$ erhöht werden.

4) Jede Fläche erhält ihren Ort mit der Sicherheit, mit der ihr Reflex sich einstellen lässt, unabhängig von der Ausbildung der Nachbarn.

5) Ist eine Fläche facettirt und liefert mehrere Reflexe, so erhält deren jeder seinen Ort. Ist sie gerundet, sodass der Reflex zur Linie oder zum Flecken wird, so lassen sich solche durch Einstellen auf die Grenzpunkte sowie auf ausgezeichnete Punkte mit ihren Culminationen in's Bild bringen. In der Vertheilung der Facetten und Vicinalflächen, in der Richtung und Ausdehnung der Linien, in der Beschaffenheit der Lichtflecke liegen Gesetzmässigkeiten, welche durch diese Bestimmung der Erkennung und Discussion zugeführt werden. So lässt sich unter Anderem aus der Vertheilung der Einzelreflexe im Projectionsbild auf den wahrscheinlichen Ort einer durch solche vertretenen Fläche schliessen *). Zur Wiedergabe ist eventuell eine Abbildung der Reflexgruppen durch Zeichnung in quadrirtes Feld oder durch Photographie heranzuziehen. Zum Studium der Einzelreflexe leistet das in dieser Zeitschrift 1892, **20**, 346 beschriebene, seitdem in der Ausführung verbesserte Signal vortreffliche Dienste.

---

*) Vergl. Becke, Min.-petr. Mitth. 1890, **10**, Taf. 9; 1890, **11**, Taf. 4.

6) Die Werthe sin φ tg ϱ und cos φ tg ϱ liefern unmittelbar das gnomonische Projectionsbild. In ihm lassen sich, wenn ein Polarstellen der normalen Projectionsebene oder Aequatorialstellen der Prismenzone möglich war, Elemente und Symbole direct abmessen. Geht das nicht, so genügt das Vorhandensein einer anderen Axenzone oder in den rechtwinkligen Systemen eines Pinakoids, im hexagonalen einer Prismenfläche, im monoklinen der Symmetrieebene. Die dann abgemessenen Elemente und Symbole sind durch Vertauschen der Axen zu transformiren. In anderen Fällen hat eine andere meist einfache Transformation zu erfolgen. Aus dem gnomonischen Projectionsbild leitet sich unmittelbar das stereographische Projectionsbild, die Kopfbilder sowie das perspectivische Bild ab.

7) Die Krystallberechnung reducirt sich wesentlich. Die Einfachheit der Rechnung zieht die Fehler herab. Es werden Rechenfehler kleiner und seltener. Auch vergrössern sich bei complicirter Rechnung die Fehler durch Uebertragung und Vereinigung, selbst wenn die Rechnung vorsichtig geführt wird, so besonders bei Winkeln von nahezu 0° und 90°. Da bei gleicher Schärfe der Einstellung und Ablesung die Genauigkeit der Resultate beim zweikreisigen Goniometer höher ist, als bei dem einkreisigen, so dürfen zur Erzielung der gleichen Leistung bei diesem die Ansprüche an die Genauigkeit der Messung herabgestimmt werden. Dies ist besonders wichtig da, wo nach Ausbildung des Krystalls feine Einstellung unmöglich ist.

8) Bei Bestimmung der Elemente können bei der Einfachheit und Gleichartigkeit der Berechnung alle guten Reflexe, nicht nur einige ausgewählte Winkel, zur Bildung von Mittelwerthen herangezogen werden. Flächenvon gestörter Position geben sich im Projectionsbild zu erkennen und können ausgeschieden werden.

9) Beim einkreisigen Goniometer erfolgt die Messung nach Zonen. Die Flächen liegen aber nicht immer genau in den Zonen. Schon beim Ausmessen der einzelnen Zonen geschieht ein Idealisiren. Um dann die verschiedenen Zonen im Raum zu vereinigen, den Krystall aus den Messungen zu reconstruiren, ist ein Ausgleich nöthig, da die Messungen, unter der nicht zutreffenden Voraussetzung exacter Zonen gedeutet, nicht genau zusammen passen. Dieser Ausgleich bringt Abänderungen der Beobachtungen. Beim zweikreisigen Goniometer bekommt jeder Punkt seinen Ort. Das Auftragen aller Orte giebt ein Bild des Beobachteten ohne Abänderungen. Erst nachdem das Ganze übersichtlich vereinigt ist, tritt die Discussion ein.

10) Es können zur Messung auch Zonen benutzt werden, bei denen einzelne Flächenorte (Reflexe) nicht sicher erkennbar sind. Ist z. B. die Prismenzone stark gestreift, so lässt sie sich doch äquatorial einstellen. Dadurch wird die normale Projectionsebene polar und die Position der anderen Flächen ist fixirt.

11) Ein aus mehreren Individuen zusammengesetzter Krystall liefert, als Ganzes gemessen und in's Projectionsbild gebracht, aus dem Bild das Gesetz der Verwachsung. Das Projectionsbild ist die Unterlage zum perspectivischen Zeichnen des Aggregats.

12) Die Bewegungen des Reflexes einer polar gestellten Fläche zeigen, ob das Instrument noch gut justirt ist. Ebenso zeigt das Wiedereinstellen auf einen zu Anfang eingestellten Reflex inmitten oder zu Ende der Beobachtungsreihe, ob während der Messung keine Störung am Instrument oder Krystall stattgefunden hat. Tritt die gleiche Ablesung ein, so ist das eine werthvolle Bestätigung für alles Vorhergegangene.

13) Man kann durch Drehen um berechnete Winkel $\varphi\,\varrho$ jeder Linie oder Ebene im Krystall jede gewünschte Richtung geben. Dies ist für manche physikalische Untersuchung wichtig. So z. B. dürfte sich das Instrument als nützlich in Verbindung mit dem Eintauchen der Krystalle in Flüssigkeiten gleicher Lichtbrechung erweisen*). Die Verticalaxe des Instrumentes ist noch frei. Sie kann Hülfsapparate tragen, als Hohlprismen und andere Gefässe, Spiegel, Heizvorrichtungen u. a.

14) Die gemessenen Winkel geben direct die Position der Flächen im Raum, der Projectionspunkte auf der Kugel oder im gnomonischen Bild gegen einen fest gewählten Pol und ersten Meridian, nicht gegen andere Flächen von wechselnder Lage. Dieser Vortheil ist analog dem in der Geographie, jeden Ort nicht nach der Entfernung von anderen Orten zu bestimmen, in der Astronomie nicht jeden Stern durch seinen Winkelabstand von anderen Sternen, sondern durch zwei coordinirte Winkel, Länge und Breite (Polhöhe).

15) Zur Charakterisirung wie zum Vergleich genügt, nach Angabe der Aufstellung, eine einfache Winkeltabelle. Zwei Winkel für jede Form, Winkelsymbol. Hierdurch ist der Vergleich in allen Fällen möglich; bei Flächenwinkeln nur bei Gegenwart bestimmter Nachbarn. Eine Tabelle der Flächenwinkel für 20 Formen erfordert 190 Winkel, für 100 Formen 5000, und sie genügt nicht für die Einzelflächen. Die Aufstellung von vollständigen Tabellen der Flächenwinkel wäre undurchführbar.

Schlussbemerkung. Das Instrument schliesst sich organisch an die von dem Verfasser vorgelegten Methoden der Formbeschreibung. Es gehört nothwendig und in gewissem Sinne abschliessend zu dem Index der Krystallformen mit seinen neuen Elementen und Symbolen, den Projectionsbildern, der Schrift über Projection und graphische Krystallberechnung, der (polaren) Demonstration durch Korkmodelle und Nadelstifte, dem Krystallzeichnen. Messung, Zeichnung, Rechnung, Demonstration und Symbolisirung erscheinen damit als einheitliches Ganze.

Heidelberg, November 1892.

*) Klein, Berl. Sitzungsber. 1890, 347; 1891, 435.

XI. Krystallographisch-chemische Untersuchungen.

XIII. Reihe.

Von

A. Fock in Berlin.

(Mit 14 Textfiguren.)

---

1. Aethylendiäthyläthylendiaminbromid,

$$C_2H_4 < \begin{matrix} N(C_2H_5)_2Br \\ N(C_2H_5)_2Br \end{matrix} > H_4C_2.$$

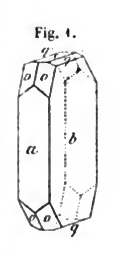
Dargestellt von Herrn A. W. v. Hofmann.

Krystallsystem: Rhombisch.

$a : b : c = 0,5293 : 1 : 0,6403.$

Beobachtete Formen: $b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$, $a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$, $c = \{001\}0P$ und $o = \{111\}P$, $q = \{012\}\frac{1}{2}\breve{P}\infty$.

Fig. 1.



Die farblosen glänzenden Krystalle sind tafelförmig nach dem Brachypinakoid und bis zu 10 mm lang, 6 mm breit und 2 mm dick. Trotz der vorzüglichen Ausbildung der Krystalle macht sich aber ein erhebliches Schwanken in den Winkeln bemerkbar.

Dem Habitus nach gleicht die Mehrzahl der Individuen der nebenstehenden Fig. 1.

	Beobachtet:	Berechnet:
$o : o = (111):(\bar{1}\bar{1}1)$ =	*107° 42′	—
$o : o = (111):(\bar{1}11)$ =	*91 4	—
$o : o = (111):(1\bar{1}1)$ =	44 23	44° 20′
$c : q = (001):(012)$ =	17 45	17 36
$o : q = (111):(012)$ =	47 50	47 24

Spaltbarkeit deutlich nach dem Makropinakoid.

Ebene der optischen Axen = Brachypinakoid b.

Erste Mittellinie = Axe c. $2E$ = ca. 65° für Na-Licht in Glas (Fuess-Adam'scher Apparat), Dispersion $\varrho > v$.

2. Condensationsproduct von Toluchinon und Acetessigäther,

$C_{13}H_{14}O_4$, wahrscheinliche Constitution

O - CH - CO_2 - C_2H_5
H, H, - CH=C-CH_3, H
OH

Schmelzpunkt 173°. Krystallisirt aus Aceton.
Dargestellt von Herrn Levy.

Krystallsystem: Rhombisch, hemimorph.

$a : b : c = 0{,}5844 : 1 : 0{,}8391.$

Fig. 2.

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$, $o = \{111\}P$, $\omega = \{233\}\breve{P}\frac{3}{2}$.

Die farblosen glänzenden Krystalle sind etwa 2—3 mm gross und gleichen dem äusseren Ansehen nach meistens einer einfachen rhombischen Pyramide, an dem einen Ende der Verticalaxe ist aber einzig die primäre Pyramide o, an dem anderen Ende dagegen allein die Pyramide mit anderthalbfacher Brachyaxe ausgebildet. Das Makropinakoid a tritt nur an einzelnen Individuen in untergeordneter Ausbildung auf (Fig. 2).

		Beobachtet:	Berechnet:
$\omega : \omega$	$= (23\bar{3}):(\bar{2}3\bar{3})$	= *72° 32′	—
$\omega : o$	$= (23\bar{3}):(111)$	= *57 52	—
$o : o$	$= (111):(1\bar{1}1)$	= 62 6	62° 1′
$o : o$	$= (111):(\bar{1}11)$	= 95 22	95 29
$\omega : \omega$	$= (23\bar{3}):(2\bar{3}\bar{3})$	= 76 13	76 17

Spaltbarkeit vollkommen nach dem Makropinakoid a.

Ebene der optischen Axen = Basis. Erste Mittellinie = Axe a. $2E$ = ca. 65° für Na-Licht. Dispersion gering $\varrho < v$. Doppelbrechung positiv.

3. $C_{13}H_{12}Cl_2O_4$,

Chlorsubstitutionsproduct des vorstehenden Körpers.

Schmelzpunkt 133—134°. Krystallisirt aus Benzol.
Dargestellt von Herrn Levy.

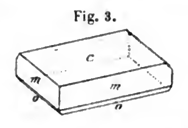
Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a : b : c = 1{,}3865 : 1 : 0{,}7654;$
$\beta = 80° 26′.$

Beobachtete Formen: $c = \{001\} 0P$, $m = \{110\} \infty P$, $o = \{\bar{1}11\} + P$.

Zur Untersuchung lagen drei Präparate vor, welche auf verschiedenen Wegen erhalten worden waren, dieselben erwiesen sich aber nach jeder Richtung hin als identisch. Die Mehrzahl der Individuen sind tafelförmig nach der Basis und bis 2 mm lang bezw. breit und ½ mm dick. Einzelne Krystalle sind auch kurzprismatisch nach der Verticalaxe. Von den Randflächen herrscht das Prisma stets vor, die Hemipyramide erscheint nur selten und ganz untergeordnet.

Fig. 3.



	Beobachtet:	Berechnet:
$m : m = (110):(\bar{1}10)$	$= {}^*72^\circ 22'$	—
$m : c = (110):(001)$	$= {}^*84 \; 22$	—
$m : o = (\bar{1}10):(\bar{1}11)$	$= {}^*49 \; 56$	—
$o : o = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	$= 70 \; 55$	$70^\circ 58'$
$o : m = (\bar{1}11):(110)$	$= 72 \; 56$	$72 \; 56$

Spaltbarkeit vollkommen nach der Basis c.

Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene. Erste Mittellinie in der Symmetrieebene und scheinbar ca. 37° gegen die Normale zur Basis im stumpfen Winkel β geneigt. $2E =$ ca. 75°. Dispersion der Axen $v < \varrho$. Dispersion der Mittellinie deutlich.

4. $C_{13}H_{12}BrO_4$, Bromsubstitutionsproduct desselben.

Dargestellt von Herrn Levy.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,3807 : 1 : ?;$$
$$\beta = 83^\circ 0'.$$

Beobachtete Formen: $a = \{100\} \infty P\!\!\!\!-\infty$, $c = \{001\} 0P$, $m = \{110\} \infty P$.

Zur Untersuchung lag nur ein Krystall vor, derselbe war kurz prismatisch nach der Verticalaxe und etwa 3½ lang und 3 mm dick. Das Orthopinakoid trat nur untergeordnet auf.

	Beobachtet:	Berechnet:
$m : m = (110):(\bar{1}10)$	$= {}^*72^\circ 15'$	—
$a : c = (100):(001)$	$= {}^*83 \; 0$	—
$m : c = (110):(001)$	$= 85 \; 51$	$85^\circ 53'$

Spaltbarkeit vollkommen nach der Basis, deutlich nach dem Prisma.

Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene. Erste Mittellinie in der Symmetrieaxe und scheinbar ca. 33° gegen die Normale zur Basis im stumpfen Winkel β geneigt. $2E =$ ca. 80°.

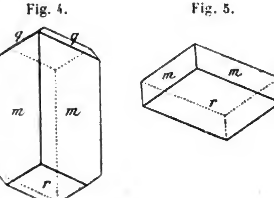
5. $C_{13}H_{14}Br_2O_4$.
Bromadditionsproduct desselben.

Dargestellt von Herrn Levy.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0{,}5354 : 1 : 0{,}6630;$$
$$\beta = 80^{0}58'.$$

Beobachtete Formen: $m = \{100\}\infty P$, $q = \{011\}R\infty$, $r = \{\bar{1}01\} + P\infty$.



Die farblosen Krystalle sind meist prismatisch nach der Verticalaxe (Fig. 4), theils auch wohl tafelförmig nach dem Orthodoma r (Fig. 5). An den ersteren Formen herrschten als Endflächen diejenigen des Domas vor; an den tafelförmigen Gebilden wurden als Randflächen meist nur diejenigen des Prismas beobachtet. Die grössten Krystalle zeigten Dimensionen bis zu 3 mm.

	Beobachtet:	Berechnet:
$m : m = (100):(1\bar{1}0)$	$= {}^*55^0 44'$	—
$q : q = (011):(0\bar{1}1)$	$= {}^*66\ 26$	—
$q : m = (011):(110)$	$= {}^*68\ 10$	—
$q : m = (011):(\bar{1}10)$	$= 81\ 53$	$81^0 56'$
$r : m = (\bar{1}01):(\bar{1}\bar{1}0)$	$= 49\ 19$	$49\ 15$

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Auslöschungsrichtung des Lichtes auf den Prismenflächen angenähert parallel den Kanten.

6. Angelicasäuredibromür, $C_5H_8Br_2O_2$.

Dargestellt von Herrn J. Wislicenus, Ann.d. Chem. 272, 47.
Schmelzpunkt $86\frac{1}{2}^0$—87^0. Krystallisirt aus Petroläther.

Krystallsystem: Asymmetrisch-hemiëdrisch (?).

$$a : b : c = 2{,}7033 : 1 : 1{,}7622;$$

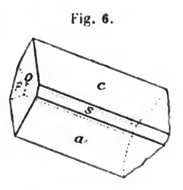
$A = 103^0 19'$	$\alpha = 106^0 14\frac{1}{2}'$
$B = 101\ 16$	$\beta = 104\ 37\frac{1}{2}$
$C = 78\ 36$	$\gamma = 75\ 16\frac{1}{2}$

Beobachtete Formen: $a = \{100\} \infty \bar{P} \infty$ *), $c = \{001\} 0P$, $s = \{101\}$ $'\bar{P}'\infty$, $p = \{111\} P'$, $o = \{\bar{1}1\bar{1}\}'P$.

	Beobachtet:	Berechnet:
$a : c = (100):(001)$	= *78° 44′	—
$a : o = (\bar{1}00):(\bar{1}1\bar{1})$	= *79 28	—
$c : o = (00\bar{1}):(\bar{1}1\bar{1})$	= 48 42	—
$a : p = (100):(111)$	= *55 6	—
$c : s = (001):(101)$	= *28 31	—
$c : p = (001):(111)$	= 69 30	68° 55′
$s : o = (\bar{1}0\bar{1}):(\bar{1}1\bar{1})$	= 52½ ca.	52 41
$s : p = (101):(111)$	= 56½ ca.	55 55
$p : o = (111):(\bar{1}1\bar{1})$	= 71 ca.	71 24

Zur Untersuchung lagen drei verschiedene Krystallisationen vor, welche sich nach jeder Richtung hin als völlig identisch erwiesen. Die Krystalle wurden im Wesentlichen nur von drei Formen gebildet, der Basis c, dem Pinakoid a und der Pyramide o (s. Fig. 6). Die einzelnen Individuen zeigten indessen niemals allseitige Ausbildung, sondern waren stets mit einem Ende in einer Bodenkruste verwachsen und zwar derart, dass Basis und Pinakoid annähernd senkrecht zur gemeinsamen Bodenfläche standen und die Pyramide o somit als schiefe Endfläche erschien.

Fig. 6.



Die genannten Formen waren im Allgemeinen von gleicher Ausdehnung, bisweilen herrschte aber auch wohl die Basis c vor. An einzelnen Individuen wurde auch noch untergeordnet das Hemidoma s und die Tetartopyramide p beobachtet und letztere Form konnte an vier bis fünf Krystallen sogar in gleicher Grösse wie die Pyramide o aufgefunden werden.

Die Krystalle waren schon beim Herausnehmen aus den versiegelten luftdicht verschlossenen Krystallisationsgefässen matt und trübe und dürften überhaupt nicht anders gewesen sein, denn an der Luft hielten sie sich nach meinen Erfahrungen ganz gut und konnten selbst nach fünf Tagen noch gemessen werden. Zur Untersuchung genügten dieselben indessen in Hinsicht auf ihre Grösse (bis zu 3 und 4 mm) vollständig, wenn auch natürlich die Messungsresultate nicht diejenige Genauigkeit erreichen, welche sonst bei gut spiegelnden Flächen erzielt wird.

Spaltbarkeit deutlich nach der Basis c.

Auslöschungsrichtung des Lichtes auf der Basis c circa 26° gegen die Axe b geneigt.

---

*) Um die nahen Beziehungen dieses Körpers zur Monobromhydrotiglinsäure hervortreten zu lassen, wurde die Makroaxe nach vorn gekehrt und dementsprechend lautet das Naumann'sche Zeichen $\infty \bar{P} \infty$.

7. Dibromcrotonsäure, $C_4H_6Br_2O_2$.

Schmelzpunkt 94°. Krystallisirt aus Alkohol.
Dargestellt von Herrn A. Pinner.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,9389 : 1 : 0,8773;$$

$A = 104^\circ 24'$	$\alpha = 106^\circ 33'$
$B = 94\ 26$	$\beta = 99\ 21$
$C = 72\ 55$	$\gamma = 71\ 5$

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$, $b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$, $c = \{001\}0P$. $o = \{\bar{1}\bar{1}1\}P,$.

Fig. 7.

Die farblosen Krystalle sind theils kurzprismatisch, theils dick tafelförmig (s. Fig. 7). Die grösseren Individuen zeigen Dimensionen bis zu 3 mm. Ohne Messung kann man sich an den einzelnen Krystallen schwer orientiren, da bald die eine, bald die andere Fläche vorherrscht. Die Flächen gaben schlechte Bilder und dementsprechend sind die Messungsresultate mit einem möglichen Fehler, etwa bis zu ½ Grad, behaftet.

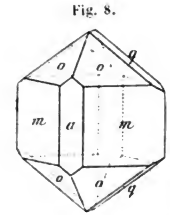
	Beobachtet:	Berechnet:
$a : b = (100):(0\bar{1}0)$	= *72° 55′	—
$a : c = (100):(001)$	= *85 34	—
$b : c = (010):(001)$	= *75 36	—
$o : c = (\bar{1}\bar{1}1):(001)$	= *56 43	—
$o : a = (\bar{1}\bar{1}1):(00\bar{1})$	= *61 52	—
$o : b = (\bar{1}\bar{1}1):(0\bar{1}0)$	= 72 ca.	72° 16′

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

8. ψ-Tropin, $C_8H_{15}NO$.

Krystallisirt aus Benzol.
C. Liebermann und Limpach, Ber. d. d. chem. Ges. 25, 927.

Fig. 8.



Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,8910 : 1 : 0,7631.$$

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$, $m = \{110\}\infty P$, $o = \{111\}P$, $q = \{011\}\breve{P}\infty$.

Zur Untersuchung lagen zwei glänzende Krystalle vor von etwa 6 mm Grösse. Das grössere Individuum war kurzprismatisch nach der Verticalaxe (s. Fig. 8), die Flächen des Prismas und der Pyramide herrschten vor, während das Doma und das Makropinakoid nur

untergeordnet auftraten. Der zweite Krystall zeigte eine verzerrte Ausbildung und war im Wesentlichen dick tafelförmig nach einer Fläche der Pyramide. Die Flächen verloren an der Luft merklich an Glanz.

	Beobachtet:	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$ =	*41° 42′	—
$a : o = (100):(111)$ =	*55 45	—
$m : o = (110):(111)$ =	41 8	41° 5′
$o : o = (111):(1\bar{1}1)$ =	60 11	60 24
$q : q = (011):(0\bar{1}1)$ =	74 33	74 42

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen = Basis. Erste Mittellinie = Axe a. Durch die Prismenflächen tritt je eine Axe fast normal aus.

9. Bromisophtalsaures Ammonium, $C_6H_3Br(COO.NH_4)_2$.

Krystallisirt aus Wasser.

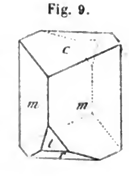
Dargestellt von Herrn Schöpff, Ber. d. d. chem. Ges. **24**.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,5030 : 1 : 0,9753;$$
$$\beta = 70^\circ 0'.$$

Beobachtete Formen: $c = \{001\}0P$, $m = \{110\}\infty P$, $r = \{\bar{1}01\}+P\infty$, $t = \{\bar{5}02\}+\frac{5}{2}P\infty$.

Fig. 9.



Die farblosen, etwas trüben Krystalle sind theils kurzprismatisch nach der Verticalaxe (s. Fig. 8), theils prismatisch nach der Symmetrieaxe und etwa 3—4 mm gross. Von den Querflächen herrscht die Basis regelmässig vor, während die Hemidomen mehr zurücktreten, und untereinander meist von gleicher Grösse sind. Die besseren Krystalle sind vielfach von Hohlräumen durchsetzt.

	Beobachtet:	Berechnet:
$m : m = (110):(\bar{1}10)$ =	*70° 36′	—
$m : c = (110):(001)$ =	*78 36	—
$r : c = (\bar{1}01):(001)$ =	*46 27	—
$r : m = (\bar{1}01):(\bar{1}10)$ =	75 17	75° 5′
$t : c = (\bar{5}02):(001)$ =	73 38	73 43
$t : m = (\bar{5}02):(\bar{1}10)$ =	62 ca.	62 14

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Nähere optische Untersuchung wegen der Unvollkommenheit des Materials nicht durchführbar.

10. Dimethyldiazin-Platinchlorid, $C_6H_8N_2.2HCl, PtCl_4 + 3H_2O$.

Krystallisirt aus Wasser.
Dargestellt von Herrn C. Stoehr.



Fig. 10.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a:b:c = 1,5474:1:0,7632;$$
$$\beta = 71^\circ 26'.$$

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $b = \{010\}\infty P\infty$, $m = \{110\}\infty P$, $q = \{011\} P\infty$.

Die Krystalle sind meist tafelförmig nach der Symmetrieebene b (s. Fig. 10) und als Randflächen treten auf das Orthopinakoid a und das Klinodoma q. Bei manchen Individuen herrscht aber auch das Orthopinakoid a vor, und an solchen Exemplaren wurde auch das Prisma m beobachtet.

	Beobachtet:	Berechnet:
$b:m = (010):(110)$ =	*34° 17′	—
$q:q = (011):(0\bar{1}1)$ =	*71 46	—
$q:a = (011):(100)$ =	*75 3	—
$q:m = (011):(110)$ =	50 46	50° 59′
$q:m = (011):(\bar{1}10)$ =	70 0	70 11

Spaltbarkeit merklich nach dem Orthopinakoid.

11. Bromwasserstoffsaures Dimethylpiperazin, $C_6H_{14}N_2.2HBr$.

Krystallisirt aus Wasser.
Dargestellt von Herrn C. Stoehr.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a:b:c = 1,6738:1:1,9113;$$
$$\beta = 61^\circ 24'.$$

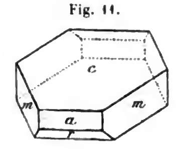


Fig. 11.

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $c = \{001\}0P$, $m = \{110\}\infty P$, $r = \{\bar{1}01\}+P\infty$.

Zur Untersuchung lagen drei vorzüglich ausgebildete Krystalle vor. Dieselben waren tafelförmig nach der Basis (Fig. 11) und bis 8 mm lang bezw. breit und 2 mm dick. Von den Randflächen herrschte das Prisma vor, das Orthopinakoid trat mehr untergeordnet auf und bei zwei Krystallen war nur eine einzige Fläche desselben vorhanden, während die parallelen Gegenflächen fehlten. Auch die Flächen des Hemidomas zeigten an diesen Individuen eine ungleiche Ausbildung, so dass es nicht unmöglich ist, dass die Substanz der hemiëdrischen Abtheilung des Systems angehört.

	Beobachtet:	Berechnet:
$a : m = (100):(110)$	$=$ *55° 46'	—
$a : c = (100):(001)$	$=$ *61 24	—
$a : r = (\bar{1}00):(\bar{1}01)$	$=$ *52 56	—
$m : c = (110):(001)$	$=$ 74 24	74° 23'
$m : r = (\bar{1}10):(\bar{1}01)$	$=$ 70 16	70 11

Spaltbarkeit vollkommen nach der Basis c.

Durch die Basis treten die optischen Axen nicht aus. Eine Platte nach der Symmetrieebene konnte wegen der vollkommenen Spaltbarkeit nicht hergestellt werden.

12. Dimethylpiperazinphosphat, $C_6H_{14}N_2.2H_3PO_4$.

Krystallisirt aus Wasser.
Dargestellt von Herrn C. Stoehr.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,6160 : 1 : 0,9529.$$

$A =$	72° 14'	$\alpha =$	74° 19½'
$B =$	113 3	$\beta =$	111 30½
$C =$	81 16	$\gamma =$	87 53

Fig. 12.

Beobachtete Formen: $b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$, $c = \{001\}0P$, $m = \{110\}\infty P',$, $n = \{1\bar{1}0\}\infty{}'P$, $q = \{011\},\breve{P}'\infty$, $r = \{\bar{1}01\},P,\infty$, $l = \{021\}2,\breve{P}'\infty$.

Die farblosen Krystalle sind prismatisch nach der Verticalaxe (s. Fig. 12) und bis 4 mm lang und 1½ mm dick. Neben den Flächen der Prismenzone herrscht das Brachypinakoid vor, nicht selten sind aber die Prismen von gleicher Ausdehnung. Von den Endformen überwiegt meistens die Basis. Das Makrodoma zeigt nur geringe Ausdehnung, zeichnet sich aber durch besonderen Glanz aus. Das Brachydoma tritt gleichfalls untergeordnet auf. Die Krystalle sind ohne Ausnahme Zwillinge und nur an einem Ende ausgebildet.

	Beobachtet:	Berechnet:
$b : c = (0\bar{1}0):(001)$	$=$ *72° 14'	—
$b : n = (0\bar{1}0):(1\bar{1}0)$	$=$ *52 55	—
$b : m = (010):(110)$	$=$ *65 50	—
$c : m = (001):(110)$	$=$ *78 50	—
$r : m = (\bar{1}01):(\bar{1}\bar{1}0)$	$=$ *42 25	—
$c : n = (001):(1\bar{1}0)$	$=$ 62 15	62° 27'
$r : b = (\bar{1}01):(0\bar{1}0)$	$=$ 86 45	86 48
$r : n = (\bar{1}01):(\bar{1}10)$	$=$ 54 0	53 43
$q : b = (011):(010)$	$=$ 58 25	58 34½

		Beobachtet:	Berechnet:
$q : l$	$= (021):(010) =$	$32\frac{1}{2}^0$ ca.	$32^0 57'$
$q : n$	$= (011):(\bar{1}10) =$	$86^0 25'$	86 17
$q : m$	$= (011):(110) =$	60 0	60 $4\frac{1}{2}$

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

13. Weinsaures Dimethylpiperazin, $C_6H_{14}N_2.C_4H_6O_6 + 3H_2O$.

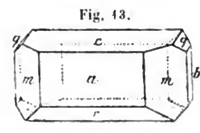
Schmelzpunkt 242⁰—243⁰. Krystallisirt aus Wasser.
Dargestellt von Herrn C. Stoehr.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,84565 : 1 : 0,97546;$$
$$\beta = 73^0 43'.$$

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $c = \{001\}0P$, $m = \{110\}\infty P$, $b = \{010\}\infty R\infty$, $q = \{011\}R\infty$, $r = \{\bar{1}01\}+P\infty$.

Fig. 13.



Die farblosen, glänzenden Krystalle sind dicktafelförmig nach dem Orthopinakoid a (s. Fig. 13) und bis 4 mm lang bezw. breit und $1\frac{1}{2}$ mm dick. Die Symmetrieebene b und das Klinodoma q treten nur ganz untergeordnet auf und an manchen Individuen fehlen sie gänzlich. Die letztere Form wurde überdies niemals mit voller Flächenzahl beobachtet. Bisweilen war nur eine einzige Fläche vorhanden, nicht selten aber zwei, die dann meist an demselben (linken) Ende der Symmetrieaxe auftraten, so dass die Substanz wahrscheinlich hemimorph ist. An einzelnen Individuen konnte aber auch eine rechte parallele Gegenfläche aufgefunden werden.

		Beobachtet:	Berechnet:
$m : m$	$= (110):(\bar{1}10) =$	$*101^0 52'$	—
$a : c$	$= (100):(001) =$	*73 43	—
$q : c$	$= (011):(001) =$	*43 7	—
$m : c$	$= (110):(001) =$	78 3	$78^0 11'$
$q : a$	$= (011):(100) =$	77 11	77 $25\frac{1}{2}$
$r : a$	$= (\bar{1}01):(\bar{1}00) =$	47 37	47 43
$r : m$	$= (\bar{1}01):(\bar{1}10) =$	58 35	58 30
$q : m$	$= (011):(110) =$	53 57	53 52
$q : m$	$= (011):(\bar{1}10) =$	74 3	74 $13\frac{1}{2}$

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene. Erste Mittellinie fast normal zum Orthopinakoid. $2E =$ circa 80^0 in Luft. Dispersion der Axen $\varrho < v$. Horizontale Dispersion kaum merklich.

14. Dimethylpiperazinbichromat, $C_6H_{14}N_2.H_2Cr_2O_7$.

Krystallisirt aus Wasser.
Dargestellt von Herrn C. Stoehr.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$, $b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$, $c = \{001\}0P$.

Die Krystalle sind theils tafelförmig nach der Fläche a, theils prismatisch nach der Verticalaxe. Weitere Formen als die drei Pinakoide konnten nicht aufgefunden werden.

	Beobachtet:
$a : b = (100):(010)$	$= 88^0 24'$
$a : c = (100):(001)$	$= 79\ 30$
$b : c = (010):(001)$	$= 88\ 46$

Spaltbarkeit vollkommen nach a, minder vollkommen nach c. Durch a tritt eine Axe scheinbar ca. 23^0 gegen die zugehörige Normale geneigt aus.

15. Cholesterylbenzoat, $C_{27}H_{45}.C_7H_5O_2$.

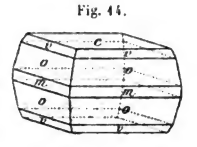
Schmelzpunkt 178^0. Krystallisirt aus einer Mischung von Aether und Alkohol.
Dargestellt von Herrn Obermüller, Inaug.-Dissert. Berlin 1892, S. 23.

Krystallsystem: Tetragonal.

$$a : c = 1 : 3{,}6265.$$

Beobachtete Formen: $c = \{001\}0P$, $o = \{111\}P$, $v = \{112\}\frac{1}{2}P$, $w = \{449\}\frac{4}{9}P$, $m = \{110\}\infty P$.

Fig. 14.



Die farblosen Krystalle sind entweder tafelförmig nach der Basis (s. Fig. 14) oder gleichen abgestumpften tetragonalen Pyramiden. Die grösseren Individuen, welche bis zu 3 mm messen, zeigen meist den letztgenannten Habitus und besitzen mit Ausnahme der Basis, die stets glänzend erscheint, nur trübe und gerundete Flächen, so dass die Messung an ihnen nur unsichere Resultate liefert. Meistens beobachtet man an diesen grösseren Krystallen die primäre Pyramide o und die Pyramide mit halber Verticalaxe v nebeneinander, jedoch niemals von gleicher Ausdehnung; bald herrscht die eine vor, während die andere fast ganz verschwindet, bald kann man das umgekehrte Verhältniss beobachten. Nicht selten erscheint auch an dem einen Ende des Krystalles nur die primäre Form, während am anderen einzig diejenige mit halber Verticalaxe auftritt, so dass man leicht zur Vermuthung gelangt, die Substanz sei hemiëdrisch bezw. hemimorph, indessen lässt das vorliegende Material in dieser Beziehung eine sichere Entscheidung nicht zu. Jede der beiden genannten

Pyramiden p und o wird überdies von einer sogenannten vicinalen Form begleitet, welche hauptsächlich die Krümmung derselben bedingt. Die vicinale Form der Pyramide $v = \{111\}\frac{1}{2}P$ besitzt das Zeichen $\{449\}\frac{4}{9}P$, für die zur primären Pyramide gehörige vicinale Form konnte das Zeichen mit Sicherheit leider nicht ermittelt werden. Neben den genannten stets untergeordnet erscheinenden vicinalen Formen wurde an einzelnen Individuen in minimaler Ausdehnung auch noch das primäre Prisma m aufgefunden.

Die kleineren Individuen, welche mehr oder weniger dicktafelförmig nach der Basis erscheinen, zeigen meist nur eine der angegebenen pyramidalen Formen, der Mehrzahl nach die primäre Pyramide o, bisweilen auch wohl an dem einen Ende o, an dem anderen Ende die Pyramide mit halber Verticalaxe v. Die vicinalen Formen wurden hier nur selten beobachtet und dem entsprechend gaben die Flächen in manchen Fällen gute Bilder, so dass zuverlässigere Winkelwerthe erhalten wurden.

	Beobachtet:	Berechnet:
$c : o = (001):(111)$	$= 78^0 48'$	—
$o : o = (111):(1\bar{1}1)$	$= 88 \quad 0$	$87^0 54'$
$c : v = (001):(112)$	$= 68 \quad 33$	$68 \quad 42$
$v : v = (112):(1\bar{1}2)$	$= 82 \quad 30$	$82 \quad 25$
$c : w = (001):(449)$	$= 66\frac{1}{2}^0$	$66 \quad 19$

Spaltbarkeit vollkommen nach der Basis c.

Eine Platte nach der Basis zeigte die normale Interferenzfigur der einaxigen Krystalle.

16. Monobromcholesterylbenzoat, $C_6H_4Br.COOC_{27}H_{45}$.

Schmelzpunkt 136⁰. Krystallisirt aus einem Gemisch von Aether und Alkohol.
Dargestellt von Herrn Obermüller, Inaug.-Dissert. Berlin 1892, S. 30.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0{,}7764 : 1 : ?.$$

Beobachtete Form: $m = \{110\}\infty P$.

Die grösseren Krystalle sind meist prismatisch nach der Verticalaxe und von einer Länge bis zu 10 mm und einer Dicke bis zu $\frac{1}{3}$ mm. Bei einzelnen dieser Individuen herrscht auch wohl eine der Prismenflächen stark vor, so dass sie wie längliche Blättchen erscheinen.

Die kleineren Krystalle bilden seideglänzende Nadeln oder dünne Blättchen, welche unter einander vielfach verwachsen sind. Endflächen konnten an keinem Individuum aufgefunden werden, und dementsprechend bleibt die Bestimmung der Constanten eine unvollkommene.

	Beobachtet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0)$	$= 75^0 39'$

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ebene der optischen Axen = Basis. Durch die Prismenflächen gesehen tritt eine optische Axe am Rande des Gesichtsfeldes aus. Eine nähere Bestimmung der Auslöschungsrichtung, sowie der Dispersion liess sich aber wegen der Unvollkommenheit des Materiales nicht durchführen, und es ist deshalb auch nicht gänzlich ausgeschlossen, dass die Substanz dem monosymmetrischen Systeme angehört, und dass die als Prisma bezeichneten Flächen sogenannte Querflächen darstellen.

17. Isocholesterylpropionat, $C_2H_5.COO-C_{26}H_{43}$.

Schmelzpunkt 82°. Krystallisirt aus einer Mischung von Aether und Alkohol.
Dargestellt von Herrn Obermüller, Inaug.-Diss. Berlin 1892, S. 43.

Das Präparat bestand im Wesentlichen aus dünnen feinen Blättchen, von denen einzelne eine allseitige Begrenzung zeigten. Nach der mikroskopischen Untersuchung gehören sie dem monosymmetrischen Systeme an. Bezeichnet man die Auflagerungsfläche als Symmetrieebene $\{010\}\infty R\infty$, so werden die auftretenden Kanten gebildet von dem Orthopinakoid $\{100\}$ $\infty P\infty$, der Basis $\{001\}0P$ und einem hinteren Hemidoma $\{\bar{1}01\}+P\infty$. Der Winkel (β) zwischen Basis und Orthopinakoid beträgt 77°, derjenige zwischen Hemidoma und Orthopinakoid $51\frac{1}{2}$°. Die Krystalle sind vielfach zu grösseren unregelmässigen Aggregaten verwachsen.

Die Auslöschungsrichtung des Lichtes auf der Symmetrieebene ist angenähert parallel zur Kante des Hemidomas, bei der Messung ergab sich jedoch eine constante Abweichung von 2° und zwar in der Richtung gegen die Verticalaxe bezw. die Kante des Orthopinakoids.

18. Phtalsäurecholesterylester, $C_6H_4 < \begin{matrix} COOC_{27}H_{45} \\ COOC_{27}H_{45} \end{matrix}$.

Schmelzpunkt $182\frac{1}{2}$°. Krystallisirt aus Aether.
Dargestellt von Herrn Obermüller, Inaug.-Diss. Berlin 1892.

Nach der mikroskopischen Untersuchung gehören die Krystalle wahrscheinlich dem monosymmetrischen Systeme an; sie sind ohne Ausnahme mehr oder minder dicktafelförmig nach der Symmetrieebene $\{010\}\infty R\infty$. Ausser dieser Fläche beobachtet man regelmässig ein Prisma $\{110\}\infty P$ und ein Klinodoma $\{011\}R\infty$. Der ebene Winkel, welcher von den Kanten dieser Formen auf der Symmetrieebene gebildet wird und dementsprechend den Winkel β darstellt, beträgt $72\frac{1}{2}$°. Selten und mehr untergeordnet erscheint auch eine hintere Hemipyramide $\{\bar{1}11\}+P$, deren Schnittlinie auf der Symmetrieebene mit den Prismenkanten einen Winkel von ca. 68° bildet. Von den zugehörigen Querflächen wurde nur das Orthopinakoid beobachtet. Die grössten Individuen zeigen Dimensionen bis zu $\frac{1}{5}$ mm.

Auslöschungsrichtung des Lichtes auf der Symmetrieebene circa 39° gegen die Prismenkanten geneigt.

XII. Melanostibian, ein neues Mineral von der Manganerzgrube Sjögrufvan, Kirchspiel Grythyttan, Gouvernement Örebro, Schweden.

Von

L. J. Igelström in Sunnemo.

Die durch ihre mannigfachen seltenen Mineralien: Arseniate, Antimoniate, Hausmannit, Braunit, Rhodonit etc. schon bekannte Sjögrube führt auch Eisenerze, nämlich Magnetit und Eisenglanz. Die ganze Anhäufung befindet sich im Dolomit (Urdolomit), der aussen von dem in Schweden allgemein erzführenden Granulit umgeben wird. Im September dieses Jahres konnte ich noch ein neues, das oben genannte Antimon-Mineral, entdecken, welches sich in 1—2 cm breiten Adern in beinahe reinem Dolomit vorfand. Ich nenne dasselbe Melanostibian, von dem griechischen *μέλας*, schwarz, und dem lateinischen Stibium, Antimon, wegen seiner rabenschwarzen Farbe und weil es Antimon als wesentlichen Bestandtheil enthält.

Der Melanostibian kommt auf seinen Adern gewöhnlich in blätterigen, stark metallglänzenden Massen vor, aber auch in kleinen mikroskopischen Kryställchen, die zum tetragonalen oder orthorhombischen Krystallsysteme zu gehören scheinen. Dieselben sind bei einer etwa 40maligen Vergrösserung sehr gut zu erkennen; sie sind ganz scharf ausgebildet, mit ebenen Flächen, undurchsichtig, stark metallglänzend, immer gestreift. Sie zeigen vorherrschend eine Pyramide und ein Prisma und untergeordnete Kanten- und Ecken-Abstumpfungen. Berührungs- und Durchkreuzungszwillinge sind oft zu erkennen.

Die im Grossen vorkommenden blätterigen Massen des Melanostibian lassen sich sehr leicht in rechtwinklige Lamellen spalten nach $0P.\infty P$.

Das Mineral ist auch in den dünnsten Lamellen ganz undurchsichtig. Sein Pulver ist kirschroth. H. = 4. Im natürlichen Zustande ist es nicht magnetisch, wenigstens kaum bemerkbar, aber nach dem Glühen erhält es diese Eigenschaft in geringem Grade.

Der Melanostibian widersteht sehr hartnäckig der Zersetzung durch verdünnte Chlorwasserstoffsäure, löst sich aber in kochender, starker Chlorwasserstoffsäure schliesslich doch vollkommen mit gelber Farbe auf. Die Lösung reducirt Chamäleon kräftig, reagirt sehr stark auf Antimon (durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas, wobei eine grosse Menge von rein orangefarbenem Sb_2S_3 niedergeschlagen wird), sowie auf *Mn* und *Fe*.

Vor dem Löthrohre giebt der Melanostibian sehr leicht *Sb* zu erkennen, kein Blei oder Wismuth, dagegen etwas Wasser. An der Luft in einer Platinschale geglüht wird seine Farbe nicht merklich verändert. Kleine Splitterchen, mit einigen Tropfen Chlorwasserstoffsäure übergossen, umgeben sich mit dunkeln Nebeln, zum Beweise, dass sie Mn_2O_3 enthalten. Jedoch ist zu bemerken, dass bei grösseren Quantitäten Material und bei weiterer Einwirkung der Säure keine dunkle Färbung mehr stattfindet. Dies beweist, dass das Mn_2O_3 einer ganz oberflächlichen Oxydation zuzuschreiben ist*). Das Mineral muss somit ursprünglich *Mn* nur als *MnO* enthalten.

Eine genaue quantitative Analyse des Melanostibian, mit 0,693 g reinem ausgesuchten Material ergab:

Sb_2O_5	0,2857 g
Fe_2O_3	0,2000
Mn_3O_4	0,2100
CaO	0,0130
MgO	0,0068
H_2O	0,0070
Unlöslich	0,0070
	0,7575 g

Berechnet man das *Fe* und *Mn* als *FeO* und *MnO*, das *Sb* als Sb_2O_3 und zieht das Unlösliche ab, so ergiebt sich die procentische Zusammensetzung des Melanostibian zu:

		enthält Sauerstoff	
Sb_2O_3	37,50		6,91
FeO	27,30	6,07	13,60
MnO	29,62	6,69	
CaO	1,97	0.43	
MgO	1,03	0,41	
H_2O	1,06		0,80
	98,48		

*) Solche oberflächliche Oxydationen bei *MnO*-haltigen Mineralien kann man oft beobachten, z. B. bei dem Friedelit der Sjögrube, dessen schöne, rothe Farbe zuweilen oberflächlich ganz schwarz wird. Im Zusammenhange mit der Oxydation wird natürlich etwas Wasser bei zuvor nicht wasserhaltigen Mineralien aufgenommen.

Wenn die kleinen Mengen CaO und MgO als unwesentlich angesehen werden, so folgt hieraus die einfache Formel:

$$6(Mn, Fe)O + Sb_2O_3.$$

Der kleine Wassergehalt dürfte auszuschliessen sein, weil derselbe wohl als Zeichen einer beginnenden Veränderung des Melanostibian angesehen werden muss, ebenso wie die Oxydation des in demselben befindlichen MnO. Diese Veränderung wird bewirkt durch das Eindringen von Luft und Wasser in die Klüfte, in denen das Mineral sich abgesetzt hat. Dass das Eisen als FeO und nicht als Fe_2O_3 vorhanden ist, geht aus der magnetischen Beschaffenheit des Minerals, sowie aus der Entfärbung der Chamäleonlösung hervor. Die starke Entfärbung der Permanganatlösung kann auch hervorgerufen werden durch den Gehalt an Sb_2O_3. Dass das Sb in dem Mineral als Sb_2O_3 und nicht als Sb_2O_5 vorhanden ist, beweist der Umstand, dass Schwefelwasserstoff sofort Sb_2S_3 fällt, ohne dass derselbe zu S oxydirt wird, sowie das Endresultat der Analyse, da sich bei Anwesenheit von Sb_2O_5 ein grosser Ueberschuss ergeben haben würde.

Späterhin habe ich den Melanostibian auch in Drusenräumen frei auskrystallisirt gefunden. Die Drusenräume sind flach, von etwa 2 cm Breite und leer, nur ihre Wände sind ausgekleidet mit einer dünnen Schicht von Calcit. Die kleinen, etwa 1—2 mm grossen Kryställchen gehen durch diese Calcitschicht hindurch und ragen mit ihren Spitzen frei in den Hohlraum einer solchen Druse hinein.

Der Melanostibian ist deutlich als eine spätere, jüngere Bildung in dünnen Schichten in dem Gesteine (Urdolomit) abgesetzt worden. Diese Schichten haben eine Dicke von einigen Millimetern bis höchstens 1 cm, und zuweilen finden sich deren zwei, in einem Abstande von etwa 2 cm parallel neben einander abgelagert. In der einen solchen Schicht finden sich zuweilen die Krystalldrusen, in der anderen nicht*).

Der Melanostibian scheint in der Sjögrube ein ziemlich seltenes Mineral zu sein. Bisher habe ich nur vier bis fünf Stufen davon bekommen.

---

*) In der That enthält auch diese Schicht ausgebildete Kryställchen, aber von mikroskopischer Kleinheit. Wahrscheinlich sind dieselben in Calcit eingeschlossen, welcher in mikroskopischen Partikeln in einer solchen Ablagerung sich befindet. Solche mikroskopische Kryställchen kommen nur zum Vorschein durch Macerirung der Melanostibianmassen im Grossen durch verdünnte Chlorwasserstoffsäure.

XIII. Ueber die Vertauschung der Ebene der stereographischen Projection und deren Anwendungen.

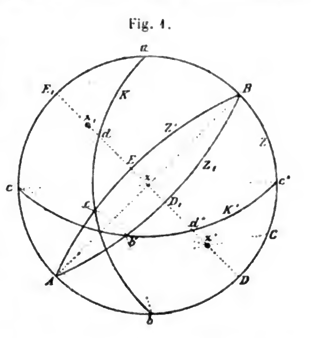
Von

Georg Wulff in Warschau.

(Mit 6 Textfiguren.)

Eine der wichtigsten Aufgaben jeder Projectionsmethode ist diejenige von der Vertauschung der Projectionsebene. Es ist deshalb auffallend, dass diese Aufgabe in ihrer Anwendung auf die stereographische Projection in keinem Lehrbuche der Krystallographie bis jetzt Platz gefunden hat. Diese Thatsache hat wahrscheinlich ihren Grund in den scheinbar verwickelten Constructionen, welche hierzu nöthig sein können. Es schien mir daher der Mühe werth, diese Lücke auszufüllen und eine sehr einfache und leicht anzuwendende Construction für die Auflösung dieser Aufgabe zu finden. Die Einfachheit des Resultates war überraschend.

Fig. 1.



1) Es sei z' (Fig. 1) der Pol der neuen Projectionsebene Z'. Um dem Grundkreise Z den Kreis Z' zu substituiren, muss man die ganze Kugel um die Axe AB so lange drehen, bis der Pol z' nach z gelangt. Der Bogen $z'z$, welchen der Pol z' dabei beschreibt, gleicht im Winkelmaasse dem Bogen BC, wie aus der bekannten Construction folgt*). Diese Drehung macht den

*) Diese Construction besteht darin, dass man vom Pole des Kreisbogens, dessen Winkelmaass zu bestimmen ist, zwei Geraden durch die Endpunkte des Kreisbogens zieht

Kreis z' zum Grundkreise und seine Ebene zur Projectionsebene. Alle Pole auf der Kugeloberfläche werden dabei neue Lagen bekommen, doch kann deren Orientirung auf der Projectionsebene noch nicht die gewünschte sein, weil diese Orientirung von der Richtung der Geraden AB abhängt und die letztere nicht willkürlich ist. Um jetzt allen Polen die endliche Orientirung zu geben, brauchen wir nur die ganze Zeichnung in ihrer Ebene um den Mittelpunkt des Grundkreises zu drehen. Diese beiden Drehungen, von welchen nur eine die Construction beeinflusst, sind lediglich die beiden Componenten einer einzigen Drehung um eine Axe, die nicht in die Ebene der Zeichnung fällt und dazu dient, die Kugel aus der gegebenen Lage in eine andere durch Drehung um eine einzige Axe unmittelbar überzuführen.

2) Es ergiebt sich ohne Weiteres, dass die neue Lage des Poles z (des Mittelpunktes des Grundkreises) und des Grundkreises Z durch den Pol z_1 und den Kreis Z_1 gegeben wird, welche symmetrisch zu z' und Z' in Bezug auf die Gerade AB sind. In der That, wenn der Pol z' nach z kommt, so gelangt der Pol z nach z_1 so, dass $z'z = zz_1$, und ebenso entspricht die gleichzeitige Verrückung des Punktes D nach D_1, wobei der Kreis Z' zum Grundkreise wird, der Verrückung des Punktes E nach E_1, wobei $DD_1 = EE_1$ ist.

3) Betrachten wir jetzt ausser den Kreisen Z' und Z_1 und den Polen z' und z_1 noch einen Kreis K und suchen wir dessen neue Lage. Man bemerkt unmittelbar, dass die neue Lage des Punktes c sich auf dem Grundkreise befinden muss, weil der Kreis Z' selbst zum Grundkreise wird, und etwa im Punkte c' so, dass der Bogen $Ec = E_1c'$ sein soll. Um also den Punkt c' zu finden, braucht man nur die Gerade $z'c$ zu ziehen und sie bis zum Schneiden mit dem Grundkreise im Punkte c' zu verlängern. Der Punkt c'', welcher auf dem anderen Ende des Durchmessers $c'c''$ liegt, giebt uns unmittelbar den zweiten Punkt, durch welchen der Kreis K in seiner neuen Lage geht. Um jetzt diese neue Lage des Kreises K vollständig zu fixiren, müssen wir noch einen dritten Punkt haben. Es ist ersichtlich, dass der Punkt b nach der Transformation sich auf dem Kreise Z_1 befinden muss, weil mit diesem Kreise der Grundkreis zusammenfallen wird, und zwar muss der Bogen Db dem Bogen D_1b' gleich bleiben. Um den Punkt b' zu finden ziehen wir die Gerade z_1b, welche den Kreis Z_1 im Punkte b' schneidet. Damit ist die ganze Construction ausgeführt, es bleibt nur übrig, den Kreisbogen K' durch die drei gefundenen Punkte zu ziehen. Die Construction besteht also aus drei Geraden $z'c'$, $c'c''$ und z_1b, welche für jeden

---

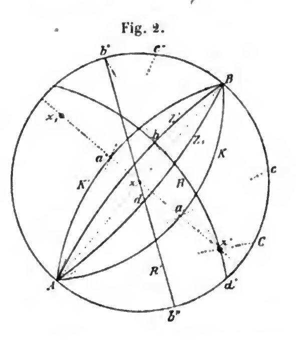
und sie bis zum Durchschnitte mit dem Grundkreise verlängert; der zwischen diesen Geraden enthaltene Grundkreisbogen gleicht im Winkelmaasse dem gegebenen obigen Kreisbogen. In unserem Falle liegt der Bogen $z'z$ auf dem Kreise DE, dessen Pol A ist; der Bogen BC, welcher zwischen den Geraden AB und AC enthalten ist, gleicht im Winkelmaasse dem Bogen $z'z$.

Kreis K zu wiederholen sind; die Kreise Z und Z_1 und die Punkte z' und z_1 bleiben für alle Kreise dieselben. Man kann den dritten Punkt in einer anderen Weise auffinden, nämlich indem man den Punkt d auf dem Durchmesser DE_1 um den Bogen $z'z$ in der Richtung der Drehung um die Axe AB verschiebt. Falls die neue Lage von d ausserhalb des Grundkreises fällt, so fällt der ihm diametral gegenüberliegende Punkt d'' innerhalb des Grundkreises.

4) Wenn wir die neue Lage eines Poles und nicht eines Kreises suchen wollen, so ergiebt sich, dass ein Pol dabei immer als Durchschnittspunkt zweier Kreise betrachtet werden muss, und daher die Lage zweier Kreise geändert werden muss, um einen Pol in die neue Lage überzuführen.

5) In manchen Fällen lässt sich die ganze Construction beträchtlich vereinfachen. Wir werden folgende drei Fälle besprechen.

Fig. 2.



a) Der Kreis R (Fig. 2) geht durch den Pol z'. Er ist in seiner neuen Lage durch einen Durchmesser $b'b''$ dargestellt und der Punkt b' wird gefunden, wenn wir die Gerade durch z' und den Punkt b führen, in welchen der Kreis R den Kreis Z' schneidet.

b) Der Kreis K enthält die Punkte A und B. Ziehen wir die Gerade Aac und tragen $c'c = BC$ auf, so bestimmt der Durchschnittspunkt der Geraden Ac' und $z'z_1$ den Punkt a', welcher mit A und B auf dem Kreise K in seiner neuen Lage K' liegt.

c) Wenn ein Kreis durch einen Durchmesser des Grundkreises dargestellt ist, so geht er in seiner neuen Lage durch den Punkt z_1, was aus a) ohne weiteres folgt. Die Punkte, in welchen dieser Kreis in der neuen Lage den Grundkreis schneidet, werden nach der schon bekannten Methode gefunden.

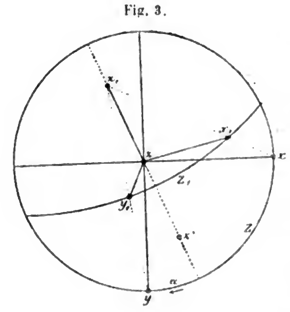
6) Mit Hülfe dieser Constructionen kann man leicht folgende sehr wichtige Aufgabe der Krystallzeichnung lösen:

Es sind die Richtungen der rechtwinkligen Krystallaxen (das Axenkreuz) in Projection auf eine beliebig orientirte Ebene zu finden.

Es sei die stereographische Projection der rechtwinkligen Axen x, y, z (Fig. 3) in der einfachsten Weise auf die xy-Ebene gegeben, und z' sei der Pol derjenigen Ebene, auf welche das Axenkreuz projicirt werden soll.

Ziehen wir nun wie früher den Kreisbogen Z_1, tragen $z_1 z = z z'$ auf und ziehen zwei Gerade $z_1 x$ und $z_1 y$, so sind x_1, y_1 und z_1 die gesuchten stereographischen Projectionen der Axen, und $z x_1$, $z y_1$, $z z_1$ sind die Richtungen der Axen, projicirt auf die Ebene z', welche jetzt zur Zeichnungsebene wird.

Fig. 3.



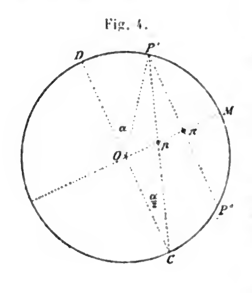
An diesem Beispiele kann man sich leicht überzeugen, dass die Construction allein noch nicht die vollständige Auflösung der Aufgabe giebt, weil die z-Axe, welche man gewöhnlich von unten nach oben richtet, diese Richtung nur dann erhält, wenn die ganze Zeichnung um den Winkel α im Sinne des Uhrzeigers gedreht wird.

7) Wenn die Axen schiefwinklig sind, so wird die Construction etwas verwickelter. Wenn x, y, z die stereographischen Projectionen der schiefwinkligen Axen auf die Ebene xy sind und dabei x und y auf dem Grundkreise liegen, so hat man die Lage zweier Kreise xz und yz zu verändern, da die xy-Ebene mit dem Grundkreise zusammenfällt und in ihrer neuen Lage durch den Kreis Z_1 dargestellt wird.

8) Es bleibt nur die Längeneinheit auf die Richtungen $z x_1$, $z y_1$ und $z z_1$ aufzutragen.

Wenn p (Fig. 4) die stereographische Projection eines Poles P ist, so finden wir zuerst den Pol P', welcher mit P auf demselben kleinen Kreise liegt, dessen Ebene auf der Richtung Op senkrecht steht. Dies geschieht vermittelst bekannter Construction, indem wir OC senkrecht zu Op und Cp bis P' ziehen. Wenn wir nachher $P''M = P'M$ auftragen und P' mit P'' geradlinig verbinden, so ist π die gesuchte orthogonale Projection von P auf Op, oder, wenn der Halbmesser der Kugel gleich 1 gesetzt wird, die gesuchte Projection der Längeneinheit auf die Richtung Op. Man kann viel rascher verfahren, wenn man eine kleine Kopfrechnung zu Hülfe nimmt. Denn es ist, der Halbmesser des Grundkreises gleich 1 gesetzt:

Fig. 4.



$$Op = \operatorname{tang} \frac{\alpha}{2}$$

und $$O\pi = \sin\alpha\,.$$

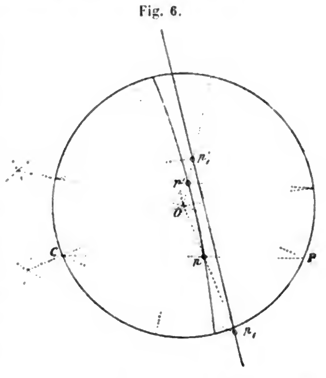
Man sucht in den Tafeln der trigonometrischen Zahlen unter den Tangenten die Grösse Op, verdoppelt den entsprechenden Winkel und erhält so den Winkel, dessen Sinus die Strecke $O\pi$ unmittelbar geben wird. Auf diese Weise kann man leicht auf die Richtungen zx', zy', zz' (Fig. 3) die Längeneinheit auftragen.

9) Bei der Auflösung der Aufgaben der stereographischen Projection ist öfters die Nothwendigkeit vorhanden, Kreise von sehr grossen Halbmessern zu ziehen. Darin besteht der bekannte Nachtheil dieser Projectionsmethode. Man kann diesen Nachtheil auf zwei Arten vermeiden. Die erste ist von rein mechanischem Charakter. Man kann ein Lineal construiren, welches sich nach dem Kreisbogen biegen lässt. Es ist bekannt, dass ein langes elastisches Prisma, quer auf zwei parallele Schneiden gelegt und an seinen Enden belastet, sich zwischen den Schneiden nach einem Kreisbogen biegt. Ein federnder Streifen von Stahl oder Elfenbein a (Fig. 5) ist gegen zwei Stützen s und s', welche auf der Platte b befestigt sind, durch die Schraube q gepresst, die auf den Streifen vermittelst zweier Schneiden p und p' wirkt, welche untereinander durch l verbunden sind. Bei dieser Deformation wird der Theil pp' des Streifens nach einem Kreisbogen von sehr grossem Halbmesser gebogen; die Grösse der Krümmung kann man mit der Schraube q reguliren.

Fig. 5.

Die zweite Methode ist eine geometrische und besteht in der gleichzeitigen Zuhülfenahme der linearen Projection. Wenn man durch zwei Punkte p und p' (Fig. 6) einen Kreisbogen ziehen will, so findet man zuerst die linearen Projectionen dieser Punkte p_1 und p_1' und verbindet die gefundenen Punkte durch eine Gerade, welche die lineare Projection des durch die Punkte p und p' bestimmten Kreises ist. Alle Punkte, welche auf dieser Geraden liegen, haben auf dem Kreise entsprechende Punkte, die sich sehr leicht construiren lassen. Man kann so viele Punkte auf dem gesuchten Kreise finden, wie man will, und durch die so gefundenen Punkte den Kreisbogen aus freier

Fig. 6.



Hand ziehen. Die Aufgabe besteht also darin, die lineare Projection des Poles zu finden, dessen stereographische Projection p gegeben ist. Ziehen wir Op, dann Oc senkrecht darauf; wenn wir nun die Gerade cpP und dann von C Parallele zu OP ziehen, so bestimmt ihr Durchschnittspunkt p_1 mit der Verlängerung von Op die gesuchte lineare Projection von P. Um umgekehrt zu verfahren, zieht man Oc senkrecht auf Op_1, dann OP parallel zu Cp_1. Die Gerade CP bestimmt den Punkt p. Die oben besprochene kurze Kopfrechnung leistet auch hier grosse Dienste. Denn es ist, der Halbmesser des Grundkreises wieder gleich 1 gesetzt:

$$Op = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

und

$$Op_1 = \operatorname{tg} \alpha.$$

Man findet unter den Tangenten in den Tafeln der trigonometrischen Zahlen die Länge Op, in Halbmessern des Grundkreises gemessen, verdoppelt den entsprechenden Winkel und trägt dessen Tangente als die Strecke Op' auf.

Es ist sehr nützlich zu bemerken, dass dabei der Durchmesser des Grundkreises, auf welchen sich in der interpolirte Bogen stützt, parallel der linearen Projection p_1p', verläuft.

Aus dem Obigen folgt, dass die Aufgabe von der Vertauschung der Ebene der stereographischen Projection nur einer sehr einfachen Construction bedarf und viele wichtige Anwendungen bei der Behandlung der Krystalle finden kann, welche keiner weiteren Besprechung bedürfen.



XIV. Kürzere Originalmittheilungen und Notizen.

1. Georg Wulff (in Warschau): **Ueber die Circularpolarisation des Lichtes in den Krystallen des wasserfreien Kaliumlithiumsulfats.** Im Jahre 1890 habe ich in dieser Zeitschrift (**17**, 592—601) eine Abhandlung unter dem Titel »Optische Studien an pseudosymmetrischen Krystallen« publicirt und darin nachgewiesen, dass die Krystalle von $KLiSO_4$ circularpolarisirend sind. Diese Erscheinung wurde, wegen ihrer Wichtigkeit, sorgfältig geprüft und quantitativ untersucht, indem die Grösse des Drehungsvermögens vermittelst der von mir beschriebenen Methode bis auf 0°,1 genau gemessen wurde. Nun hat neulich Herr Traube eine Abhandlung veröffentlicht*), in welcher er die Anwesenheit der in Rede stehenden Erscheinung an den Krystallen von $KLiSO_4$ die er nach derselben Methode dargestellt hat, vollständig verneint. Aus seinen Versuchen über die pyroëlektrischen Eigenschaften der Krystalle schliesst der Verfasser, dass dieselben sehr häufig als Zwillinge nach der Basis erscheinen und dass diese Zwillinge aus zwei hemimorphen Krystallen bestehen, welche mit ihren analogen Polen miteinander verwachsen sind. Die Verzwillingung nach der Basis habe ich selbst beobachtet und in der erwähnten Abhandlung beschrieben (l. c. 598). Ich selbst war sehr erstaunt, als ich einmal an einem Zwillinge nach der Basis keine Circularpolarisation fand. Die Ursache solcher fehlenden Circularpolarisation war aber in diesem Falle sehr einfach: die beiden Krystalle waren von entgegengesetzter Wirkung auf die Lage der Schwingungrichtung der Aethermolekel — sie waren rechts- und linksdrehend und dazu fast gleich dick. Da der Zwilling von sehr beträchtlicher Dicke war, so konnte ich trotz der sehr geringen Doppelbrechung die Airy'schen Spiralen im convergenten Lichte beobachten. Hieraus ersieht man leicht, dass Herr Traube hätte sollen die Frage zu lösen versuchen, ob die Zwillinge, die er beobachtet hat, nicht etwa von entgegengesetzter Drehung gewesen sind, und dasselbe in seiner Abhandlung besprechen, bevor er die Anwesenheit der Circularpolarisation gänzlich leugnete.

Nun lässt sich aber meiner Ueberzeugung nach die Frage so auffassen: Wie die pyroëlektrischen Eigenschaften dem Herrn Traube gezeigt haben, haben die nach der Basis hemimorphen Krystalle von $KLiSO_4$ die Neigung, eine höhere Symmetrie durch Verzwillingung nach derselben Fläche anzunehmen, indem sie mit in geometrischer und pyroëlektrischer Beziehung gleichen Enden miteinander verwachsen. Es fragt sich nun, ob diese höhere Symmetrie, welche in

*) Ueber die Krystallform einiger Lithiumsalze. Neues Jahrbuch für Min., Geol. und Pal. 1892, 2, 1. Heft, 58.

den geometrischen und elektrischen Eigenschaften sich durch Verzwillingung erreichen lässt, sich nicht auch auf das optische Verhalten der verzwillingten Krystalle ausdehnt, was in entgegengesetzter Wirkung beider verwachsenen Krystalle auf die Lage der Polarisationsebene bestehen könnte. Es wäre ganz consequent, wenn die Sache sich so verhielte.

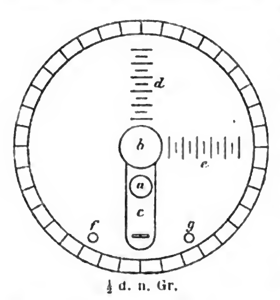
Was endlich die Krystallform des Kaliumlithiumsulfats betrifft, so habe ich in meiner Abhandlung keinen genügenden Beweis gegeben, dass sie der trapezoëdrischen Tetartoëdrie angehören müsste. Ich kann bloss behaupten, dass ich keine Hemimorphie an den von mir gemessenen Krystallen von $KLiSO_4$ beobachtet habe.

Wenn wir also das oben Besprochene nochmals überblicken, so müssen wir zu dem Schlusse kommen, dass in der Abhandlung von Herrn Traube kein Beweis vorhanden ist, dass die Circularpolarisation in den Krystallen von $KLiSO_4$ fehlt, sogar umgekehrt, die Ursache angegeben ist, warum er die Circularpolarisation in diesen Krystallen nicht bemerkt hat.

2. H. Laspeyres (in Bonn): **Vorrichtung am Mikroskope zur raschen Umwandlung paralleler Lichtstrahlen in convergente.** Bekanntlich sind für diesen Zweck wiederholt Vorschläge gemacht und ausgeführt worden*). Sie leiden aber ohne Ausnahme entweder an der Unbequemlichkeit ihrer Handhabung oder an der Umständlichkeit der Construction und mithin an der unnützen Vertheuerung der Mikroskope.

Wohl die denkbar einfachste und zweckmässigste Vorrichtung hierfür hat kürzlich nach meinen Angaben der Optiker Seibert zu Wetzlar an zwei für das hiesige mineralogische Institut hergestellten Mikroskopen zur vollsten Befriedigung ausgeführt. Eine kurze Notiz über dieselbe dürfte deshalb willkommen sein.

Die Linse *a* mit kurzer Brennweite über dem Polarisator *b*, die den Lichtkegel erzeugen soll, befindet sich, wie es der Holzschnitt zeigt, in einem kleinen Schieber *c*, der sich in der Ebene des Objecttisches radial bewegen lässt. Ist der Schieber, wie es der Holzschnitt zeigt, so weit als möglich zum Kreisumfange gezogen, so hat das Mikroskop paralleles Licht, ist es so weit als thunlich zum Mittelpunkte geschoben, so ist die Linse centrisch und der Apparat hat convergentes Licht.



½ d. n. Gr.

Die Verschiebung wird nämlich begrenzt durch Anschlagstellen an den Führungen des Schiebers und kann mittelst des Fingernagels oder einer beliebigen Spitze ausgeführt werden.

Die Richtung des Schiebers im Tische ist so gewählt, dass die Objectträger, wenn sie richtig zu den beiden Coordinaten *d e* auf dem Objecttische gelegt sind, den Schieber stets genügend frei lassen und dass die Klemmvorrichtung *f g* für den Objectträger seitlich vom Schieber liegt.

Die Oberfläche der Linse *a* und des Schiebers *c* liegt einen Strich unterhalb der Oberfläche des Tisches, so dass der bewegte Schieber auch dann nicht das

*) z. B. E. A. Wülfing, Neues Jahrb. f. Min., Geol. etc. 1889, 2, 199.

eingestellte Object verrücken kann, wenn es durch die Klemmvorrichtung nicht festgehalten wird. Das einfache Verschieben des bequem gelegenen und immer sichtbaren Schiebers bis zum Anschlagpunkte und das Vorschieben einer anderen Objectivlinse durch den Revolver-Apparat bewirken im Handumdrehen ohne jede Erschütterung die gewünschte Umwandlung im Gange der Lichtstrahlen. Diese Vorrichtung ist auch constructiv so einfach, dass eine Vertheuerung des Mikroskopes durch sie nicht hervorgerufen wird.

8. J. W. Retgers (im Haag): **Ueber ein reguläres wasserfreies Calciumnitrat.** Bekanntlich krystallisiren PbN_2O_6 und BaN_2O_6 wasserfrei in schönen regulären Oktaëdern. Auch SrN_2O_6, welcher bei gewöhnlicher Temperatur monokline Krystalle mit $4H_2O$ bildet, scheidet sich aus heisser Lösung wasserfrei in Oktaëdern ab.

Während das sehr zerfliessliche Calciumnitrat ebenfalls als monoklines Hydrat mit $4H_2O$ krystallisirt, ist das wasserfreie CaN_2O_6 dagegen — so viel mir bekannt — niemals in Krystallen beobachtet worden.

Dennoch ist dies leicht zu erreichen. Man braucht nur das Salz mit $4H_2O$, welches schon bei 44°C. schmilzt, auf einem Objectglase bis ca. 150°C. zu erhitzen. Nach Ordway (Jahresber. ü. d. Fortschr. d. Chem. 1859, 113) siedet das geschmolzene Hydrat bei 132°C. und setzt, wenn ein Drittel des Wassers entwichen ist, wasserfreies Salz ab*). Bringt man die entwässerte, undurchsichtig weiss gewordene Substanz unter das Mikroskop, so sieht man, wie in der bald durch Wasseranziehung etwas flüssig werdenden Masse sehr scharfe Oktaëder schwimmen, welche, zwischen gekreuzten Nicols betrachtet, sich vollkommen isotrop zeigen.

Die Oktaëderchen sind jedoch sehr klein, so dass man ziemlich starke Vergrösserung anwenden muss, um sie deutlich zu sehen. Gewöhnlich sind sie wie auch bei den *Ba*- und *Pb*-Nitrat-Oktaëdern, der Fall ist, stark nach einer Oktaëderfläche entwickelt, so dass viele flache drei- bis sechseckige Tafeln entstehen.

Nach den zarten Contouren zu urtheilen, ist der Brechungsexponent des CaN_2O_6 sehr gering.

Dass wir es hier mit dem wasserfreien Calciumnitrat zu thun haben, ist — obwohl sich die kleinen Oktaëder selbstverständlich nicht isolhren und analysiren lassen — wohl mit Rücksicht auf die hohe Temperatur bei der Bildung keinem Zweifel unterworfen.

Es gelang mir nicht, die CaN_2O_6-Oktaëder über mikroskopische Dimensionen hinaus zu erhalten. Vielleicht würde dies durch langandauerndes und vorsichtiges Erhitzen grosser Quantitäten des Hydrats zu erreichen sein.

Es ist hiermit also das vierte noch fehlende Glied der isomorphen Gruppe der oktaëdrischen Nitrate aufgefunden. — Ob es, eben so wie die *Pb*-, *Ba*- und *Sr*-Nitrate, Tetartoëdrie besitzt, ist, obwohl sehr wahrscheinlich, wegen der geringen Dimensionen des CaN_2O_6 selbstverständlich nicht zu constatiren.

*) Die Zersetzungstemperatur, wobei sich rothe Dämpfe von N_2O_4 zu entwickeln anfangen, liegt viel höher, so dass man die Erhitzung unbesorgt über einer freien Flamme vornehmen kann.

XV. Auszüge.

1. P. Sabersky (in Berlin): **Mineralogisch-petrographische Untersuchung argentinischer Pegmatite mit besonderer Berücksichtigung der Structur der in ihnen auftretenden Mikrokline** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w., Beil.-Bd. **7**, 361). — Die untersuchten Handstücke, welche von einer grossen Anzahl von Localitäten stammen, sind echte Pegmatite, bestehend aus nicht selten schriftgranitisch verwachsenen Aggregaten von Quarz und Kalifeldspath, sowie Muscovit. Der Kalifeldspath ist theils Orthoklas, theils Mikroklin. Von ersterem wurden drei Vorkommnisse von Trapiche, Provinz San Luis; von Calera, westlich von Catamarca, Prov. Catamarca, und von Porongo, Sierra de Malanzan, Prov. Rioja, näher untersucht; sie waren alle perthitisch mit Albit verwachsen; daneben findet sich auch Mikroklin, welcher theils allmählich in Kryptoperthit übergeht, theils scharf abgegrenzt ist.

Von Mikroklin, welcher in allen Pegmatiten vorherrscht, fand sich ein unverzwillingter Krystall in dem Pegmatit von Chilca, westlich von San Francisco, Prov. San Luis, welcher gute Spaltbarkeit nach $\{001\}$ und $\{010\}$ aufwies; ein Spaltstück desselben gab sehr gute Reflexe, der Winkel $(001):(010) = 90^{0}\,29{,}'4$. Zur Untersuchung des Aufbaues des Mikroklins aus Lamellen wurden aus einem frischen fleischfarbigen Mikroklin von Porongo Llanos, Prov. Rioja, zwei Schliffserien angefertigt, von welchen die eine mit zwölf verschiedenen Schnitten der Zone $\perp(010)$ angehört, während die andere mit fünf aus der Zone $[(001):(010)]$ entnommen war. Als Resultat der Untersuchung ist anzuführen, dass der Mikroklin nicht nach dem Albit- und Periklingesetze aufgebaut ist, sondern dass es sich dabei um Durchkreuzungszwillinge nach dem Albitgesetze allein handelt, welche nach der Art des Albits vom Roc-Tourné*) durcheinander gewachsen sind; die aufbauenden Elemente sind spindelförmige Körper, welche parallel gelagert sind. Bestätigt wurden die hier gewonnenen Anschauungen durch eine Anzahl Schliffe, welche aus verschiedenen Vorkommnissen $\perp$ zu (010) und (100) geschnitten wurden. Untersucht wurden in dieser Beziehung Mikrokline von Cuesta de Moyes, Prov. Catamarca, von Porongo Llanos, Prov. Rioja, sowie vom Pikes Peak, Col. Neben den Kalifeldspäthen finden sich seltener Albit und Oligoklas. Der Quarz bildet als farbloser und als Rosenquarz mächtige Ausscheidungen. Der Muscovit ist hellgrün-ölgrün und bildet öfter grössere Tafeln, wie bei Aguadas, Prov. San Luis; selten ist Biotit in grösseren Tafeln, so im Pegmatit von Cerro del Morro, Prov. San Luis, und von Chilca, westl. von San Francisco, Prov. San Luis. Chlorit findet sich bei Quebrada del Peñon, Prov. San Juan. Dunkler Turmalin

*) Vergl. G. Rose, Ueber die Krystallform des Albits von dem Roc-Tourné etc. Pogg. Ann. 1865, **125**, 457.

ist recht häufig in grossen Ausscheidungen; Krystalle von Pucara, Prov. Catamarca, zeigten die Combination $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{02\bar{2}1\}$. Beryll findet sich in blassgrünen derben, ‖ *c* gerieften Stücken; ein in Quarz eingewachsener Krystall von Piedra blanca, Prov. Catamarca, zeigte $\{0001\}$ und $\{10\bar{1}0\}$. Rother Granat in grösseren Krystallen $\{211\}$ mit schmalen $\{100\}$ stammt von Cañada verde, (Prov. ?). Apatit findet sich in langen, dünnen Krystallen zu Moyotes, Prov. Rioja, und José del Morro, Prov. San Luis; Zirkon im Pegmatit von Cerro del Morro, Prov. San Luis, in gut entwickelten rostbraunen Kryställchen der Combination $\{311\}$ $\{100\}$.

Ref.: E. Weinschenk.

2. R. Wedel (in Strassburg): **Mineralanalysen** (aus: Ueber das Doleritgebiet der Breitfirst und ihrer Nachbarschaft. Jahrb. d. geol. Landesanst. und Bergakad. Berlin 1890). — 1. Plagioklas, 2. Augit, 3. Titaneisen aus doleritischem Plagioklasbasalt vom Taufstein in der Breitfirst, einem Höhenzuge, welcher sich von der Rhön gegen den Spessart zu abzweigt; 4. Plagioklas, 5. Augit, 6. Titaneisen aus einer verwitterten Varietät ebendaher — isolirt mit Thoulet'scher, resp. Rohrbach'scher Lösung.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO_2	56,74	50,04	—	59,19	49,68	—
TiO_2	0,27	2,35	45,03	0,37	0,11	47,08
Al_2O_3	27,11	5,66	—	25,77	4,89	—
Fe_2O_3	0,44	5,84	11,18	0,34	5,32	13,06
FeO	0,21	7,20	42,59		7,28	39,97
MnO	—	1,44	—	—	1,12	—
MgO	0,66	14,52	1,89	0,27	12,09	0,84
CaO	9,29	13,47	—	7,27	18,85	—
Na_2O	5,23	0,25	—	5,88	0,29	—
K_2O	0,79	0,39	—	0,80	0,44	—
	100,74	101,16	100,69	99,89	100,07	100,95
Spec. Gew.	2,71	3,465	4,683	2,71	3,205	4,697

Ref.: E. Weinschenk.

3. R. Canaval (in Klagenfurt): **Beiträge zur Kenntniss der Gesteine und Erzlagerstätten des Weissenbachthales in Oberkärnthen** (Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1890, **40**, 527). — Im Tiebelbachgraben, einem Seitenthale des Weissenbachs, welch' letzterer wieder in die Drau fällt, findet sich der Eisenglanz lagerartig im Grödner Sandstein. Die Ausbildung der quarzigen Lagermasse, welche Quarzporphyrtrümmer umschliesst und allmählich in den Sandstein übergeht, lässt es dem Verf. als wahrscheinlich erscheinen, dass der Erzgehalt submariner, postvulkanischer Thätigkeit seine Entstehung verdankt.

Ref.: E. Weinschenk.

4. Ch. und **G. Friedel** (in Paris): **Einwirkung von Alkalien und Alkalisilicaten auf Glimmer. Darstellung von Nephelin, Leucit und Orthoklas** (Bull. soc. franç. min. 1890, **13**, 129).

Dieselben: Darstellung von Leucit und Sodalith (Ebenda, 182).

Dieselben: Einwirkung von Kalk und Chlorcalcium auf Glimmer (Ebenda, 233).

Dieselben: Einwirkung von Natron und Natriumsulfat auf Glimmer (Ebenda, 238).

Die Versuche wurden in der schon bei früheren Versuchen benutzten, mit Platin ausgeschlagenen Stahlröhre ausgeführt. Fein pulverisirter Muscovit von Moss, Norwegen, wurde jeweilig 2—3 Tage lang mit den betreffenden wässerigen Lösungen auf 500° erhitzt.

Muscovit mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{2}{3}$ seines Gewichtes Kali und mindestens der 20fachen Menge Wasser behandelt, lieferte Krystalle von Nephelin der Combination $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$. Die Analyse ergab neben einem Glühverlust von 0,1% (angew. Substanz 0,2229 g): SiO_2 40,5, Al_2O_3, 34,8, Na_2O 13,2, K_2O 9,6, CaO Spur. Die übrigen chemischen, sowie die optischen Eigenschaften stimmen vollständig mit Nephelin überein. Wird anstatt K_2O Natron angewandt, so entsteht gleichfalls Nephelin, aber in grösseren Krystallen bis 0,8 mm lang. Die Analyse, mit 0,4306 g ausgeführt, ergab: SiO_2 41,94, Al_2O_3 33,18, Na_2O 16,74, K_2O 7,41, Glühverlust 0,1%; spec. Gewicht: 2.65.

Derselbe Muscovit mit Kaliumsilicat behandelt lieferte Krystalle und Aggregate von Orthoklas von sanidinähnlichem Aussehen; dieselben sind meist tafelförmig nach $\{010\}$ und zeigen $\{010\}$, $\{001\}$ und $\{110\}$; Zwillinge finden sich nach dem Karlsbader, Bavenoer und Manebacher Gesetz. Die Auslöschung ist 4°—5° schief zur Kante $\{010\}$ $\{001\}$. 1 Theil Muscovit mit 0,5 geglühter Kieselsäure und 0,7 Kali lieferte unter denselben Umständen neben einzelnen Krystallen von Orthoklas und Nephelin glänzende Krystalle, welche dem quadratischen Systeme angehören, deren Formen jedoch dem regulären Systeme sehr nahe stehen. Einzelne derselben zeigen nur $\{100\}$ und $\{101\}$, wobei $(100):(101) = 43° 25'$ ist, an anderen treten zu diesen Flächen noch $\{001\}$, $\{110\}$ und die dem regulären Ikositetraëder entsprechenden Formen $\{112\}$ und $\{211\}$, letztere stets hemiëdrisch als Pyramide dritter Ordnung. Während einige der Krystalle einfach sind, zeigt die Mehrzahl Zwillungsbildung, wobei die Zwillingsebene, wie beim Leucit, eine dem Dodekaëder entsprechende Fläche von $\{101\}$ ist. Die Zwillinge bestehen zum Theil nur aus zwei nebeneinander gelagerten Hälften, zum Theil ist der Aufbau complicirter. Das Mineral ist sehr schwach negativ doppeltbrechend. Da das Material zu einer Analyse nicht ausreichte, wurde gefällte SiO_2, Al_2O_3 und K_2O im Verhältniss des Leucits gemengt und ebenso behandelt. Das Resultat waren dieselben quadratischen Krystalle, begleitet von kleinen Sphärolithen, deren optischer Charakter mit ersteren übereinstimmt; das spec. Gewicht beider ist gleich und ebenso hoch wie beim natürlichen Leucit; die mit dem mittelst Methylenjodid isolirten Material, welches aus Krystallen und Sphärolithen bestand, ausgeführte Analyse ergab (angew. Subst. 0,9379 g): SiO_2 54,77, Al_2O_3 22,30, K_2O 21,31, woraus folgt, dass die quadratischen Krystalle thatsächlich nichts anderes sind als Leucit.

Fügt man zu dem Gemenge von Muscovit und Natron noch Chlornatrium ($\frac{1}{4}$—2fache Menge des Muscovit), so erhält man einzelne Krystalle und krystallinische Krusten von Sodalith. Die Krystalle zeigen die Flächen $\{110\}$, $\{100\}$ nicht selten verzwillingt nach $\{211\}$, sie wirken nicht auf das polarisirte Licht und sind zum Theil graulich gefärbt. Das Resultat zweier Analysen, wobei das isolirte Material mit verdünnter Salpetersäure im zugeschmolzenen Rohre, um Verluste an Cl zu vermeiden, aufgeschlossen wurde, war (angew. Subst. 0,780 g resp. 0,9574 g): SiO_2 36,75 resp. 36,55, Al_2O_3 32,41—32,06, Na_2O 25,75—25,66,

K_2O 0,47—0,86, Cl 6,36—6,28. Die Zusammensetzung des Sodaliths ist somit $3(2SiO_2 Al_2O_3 Na_2O) + 2NaCl$. Das Material der ersten Analyse wurde gewonnen aus 10 g $NaCl$, 6 g Muscovit, 4 g Na_2O, das der zweiten aus 3 g $NaCl$, 6 g Muscovit, 4 g Na_2O.

Auch Kalk greift in wässeriger Lösung Muscovit an, es entstanden oktaëdrische, optisch isotrope Krystalle, welche sich mit keinem bekannten Mineral identificiren liessen. Die Analyse, mit 0,1995 g bei 115° getrockneter Substanz ausgeführt, ergab: SiO_2 24,81, Al_2O_3 29,70, CaO 33,78, K_2O 2,05, H_2O 10,42. Ersetzt man einen Theil des Kalks durch Chlorcalcium (4 g $CaCl_2$, 0,6 g CaO, 6 g Muscovit oder 10 g $CaCl_2$, 3 g CaO, 12 g Muscovit), so entstehen in grosser Menge verhältnissmässig grosse Krystalle von Anorthit. Die Krystalle haben theils rechteckige, theils rhombische Umrisse und sind alle verzwillingt. Im polarisirten Lichte erscheinen sie in vier Felder getheilt, welche durch breite Streifen getrennt sind, die in allen Stellungen dunkel bleiben und ‖ den Seiten der Rechtecke resp. den Diagonalen der Rhomben verlaufen. Die Messungen ergaben, dass die rechteckigen Krystalle nach $\{001\}$ tafelförmig und von $\{\bar{2}01\}$ und $\{010\}$ begrenzt sind, deren Ecken durch $\{110\}$ abgestumpft sind, welche Fläche auch die Begrenzung der Rhomben bildet. Die Messungen sind nicht sehr genau, da (001) stets vielfache Reflexe giebt. Gemessen: $(001):(110) = 65°5'$ bis $65°25'$; $(001):(\bar{2}01) = 82°$. Auslöschungsschiefe ist 37°—43° auf $\{001\}$. Zur Analyse wurde Material durch Sieben und Behandeln mit Methylenjodid isolirt (angew. Subst. 0,4256 g): SiO_2 42,67, Al_2O_3 36,44, CaO 21,47; spec. Gew. 2,77. Die Auflösung wurde im geschlossenen Rohre von böhmischem Glase mit HCl bei 250° bewerkstelligt; doch löst sich das Mineral in sehr feinem Pulver auch unter gewöhnlichem Drucke in kochender Säure.

In einem weiteren Versuche wurden 6 g Muscovit mit 3 g Na_2O und 6 g Na_2SO_4 wie oben angeführt behandelt. Es entstanden klare, farblose, hexagonale Prismen der Combination $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$. Gemessen $(10\bar{1}1):(01\bar{1}1) = 24°22'$, $(10\bar{1}1):(\bar{1}101) = 42°46'$, $(10\bar{2}0):(10\bar{1}1) = 68°35$, $(10\bar{1}1):(\bar{1}011) = 50°16$, $(10\bar{1}1):(10\bar{1}0) = 64°14'$. Dieselben sind schwach negativ doppeltbrechend. Die Krystalle lösen sich leicht in HCl unter Ausscheidung gallertiger Kieselsäure. Bei 110° getrocknetes Material verliert beim Glühen 3,94% Wasser, ohne dass zugleich Schwefelsäure weggeht, wie der Vergleich der mit nicht geglühtem Material (0,7753 g) und mit geglühtem Material (0,708 g vor dem Glühen) ausgeführten Analyse ergiebt. Der Wassergehalt in ersterer ist besonders bestimmt. SiO_2 35,62% resp. 34,81%, Al_2O_3 29,65—29,91, SO_3 7,29—7,25, Na_2O 23,82—24,07, H_2O 3,94—3,95, entsprechend der Formel: $3(2SiO_2, Al_2O_3, Na_2O) + SO_4Na_2 + 2H_2O$ d. h. Nosean + 2 Wasser. Das spec. Gewicht ist 2,44. Begleitet werden diese Krystalle von hexagonalen braunen Blättchen, welche optisch einaxig und negativ sind und vermuthlich dem Magnesiaglimmer zugehören.

Ref. E. Weinschenk.

5. A. Lacroix (in Paris): **Diaspor aus der Auvergne** (Bull. d. soc. franç. min. 1890, 13, 7). — In den basaltischen Tuffen bei Bournac, Dép. Haute-Loire, am NW-Abhange des Mézenc, finden sich Auswürflinge eines Leptinit oder Granulit, bestehend aus Granat, Quarz, Orthoklas, Oligoklas und kleinen Nadeln von Rutil und endlich Diaspor, letztere, wenn auch selten, bis $1\frac{1}{2}$ cm lang. Der Axenwinkel scheint etwas kleiner als derjenige des Diaspor von Schemnitz zu sein;

bei 0,5 mm Dicke zeigt sich ein deutlicher Pleochroismus, indem c bläulich, a und b farblos erscheinen.

Ref.: P. Groth.

6. A. Lacroix (in Paris): **Krystallform und Vorkommen des Karphosiderit** (Bull. soc. franç. min. 1890, 13, 8). — Die Doppelbrechung ist negativ, nicht positiv, wie Verf. früher angab (s. diese Zeitschr. **14**, 620). An dem damals beschriebenen Vorkommen von Mâcon fanden sich auch deutlich hexagonale Tafeln {0001} {10$\bar{1}$0} mit vollkommener Einaxigkeit. Ausserdem kommt das Mineral in erdigen, gelben Massen in Laurium, endlich in blätterigen Aggregaten und hexagonalen Täfelchen in Mexico vor.

Ref.: P. Groth.

7. **Derselbe: Optische Eigenschaften und Verbreitung des Krokydolith** (Ebenda, 10). — Der vom Verf. aufgefundene Kr. von Perkin's Mill bei Templeton in Canada zeigt häufig Zwillinge nach (100); c (nicht a, wie bei der gewöhnlichen Hornblende) bildet 18⁰—20⁰ mit der Axe c auf (010). Erste Mittellinie $+$; $2E = 95^0$ circa. Doppelbrechung 0,025. Starker Pleochroismus: a blaugrün, b violettblau, c hellgrün. Meist verworrene, sehr feinfaserige Aggregate. Das Mineral erscheint in Ausscheidungen und Adern im Gneiss; es wurde ferner auf mehreren Apatitlagerstätten desselben Reviers und in grösseren Massen auf einigen Gruben bei Buckingham beobachtet. Der Kr. von Willimantic (Rhode Island) kommt in natronreichem Granit vor und zeigt ebenfalls negatives Zeichen der Verlängerung und nach a stärkste Absorption; sehr feine verworrene Fasern. An dem bekannten Vorkommen von Golling wurde beobachtet: a dunkelblau, b violett, c blassgelb; die im Quarz liegenden Fasern meist parallel dem Rhomboëder {10$\bar{1}$1} und einander fast rechtwinklig durchkreuzend. Der Kr. vom Oranjeflusse zeigt a grün, b und c violett; der im Glimmerporphyrit von Wackenbach in den Vogesen vorkommende: a blaugrün, b violettblau, c blassgelb. Viele bisher für Glaukophan gehaltene, secundäre blaue Amphibole erwiesen sich als Krokydolith, so diejenigen in den Porphyriten von Andalusien, in Chloritschiefern und Serpentinen von der Insel Gorgona und vom Cap Argentaro, Italien. Während die Absorptionsfarben sich zuweilen denen des Glaukophan nähern, unterscheidet sich der Krokydolith von letzterem nur durch das negative Zeichen der Verlängerung, das positive Zeichen der Mittellinie, den Axenwinkel und die eigenthümlichen Interferenzfarben der Aggregate.

Ref.: P. Groth.

8. **Derselbe: Optische Eigenschaften des Titanolivin** (Ebenda, 15). — Das braunrothe Mineral von Pfunders ist noch in sehr dünnen Schichten lebhaft gelb mit starkem Pleochroismus: a tief rothgelb, b und c hellgelb. Die Schliffe zeigen eine zuweilen polysynthetische Zwillingsbildung; in den zur ersten Mittellinie senkrechten bilden die Axenebenen 70⁰ mit der Zwillingsgrenze. Mit dem Bertrand'schen Refractometer wurde gefunden für Na: $\alpha = 1,669$, $\beta = 1,678$, $\gamma = 1,702$; daraus $2V = 62\frac{1}{4}^0$; Dispersion merklich $\varrho > v$. Nimmt man die optische Orientirung gleich derjenigen des Olivins an, so entspricht die Zwillingsebene ungefähr dem Prisma {410}. Gelben Olivin mit ähnlichem Pleochroismus und Zwillingsbildung fand Verf. neben normalem Peridot untergeordnet

im Villarsit von Traversella und im Boltonit von Bolton, Mass. Von dem sehr ähnlichen Chondrodit sind diese Olivine nur durch die Lage der optischen Axenebene in Schliffen senkrecht zur ersten Mittellinie zu unterscheiden.

Ref.: P. Groth.

9. **A. Gorgeu** (in Paris): **Psilomelan und Wad** (Ebenda, 21). — Der Verf. analysirte:

I. Psilomelan von Romanèche, dicke Stalaktiten, deren Aussenschicht (a.) sehr dicht, deren Inneres (b.) deutlich krystallinisch erschien;

II. Ps. aus Thüringen in grossen Nieren, a) äussere, b) innere Schicht;

III. Ps. von Lorca in Spanien, dicht.

	Ia.	Ib.	IIa.	IIb.	III.
Unlösl.	0,15	0,25	0,40	0,58	2,40
SiO_2	0,25	—	—	—	0,50
P_2O_5	Spuren	0,05	0,10	0,10	0,10
As_2O_5	1,50	0,70	Spuren	Spuren	Spuren
CO_2	Spuren	0,10	Spuren	0,10	Spuren
Fe_2O_3	1,45	1,80	0,65	1,25	3,75
CaO	0,40	0,52	1,10	0,95	0,20
MgO	0,20	0,07	0,70	0,44	0,20
BaO	16,20	14,45	8,40	8,30	0,95
K_2O }	0,10	0,37	1,00	1,00	Spuren
Na_2O }		0,08	—	0,20	1,30
CuO, PbO	0,10	0,18	0,06	0,10	0,10
MnO	62,80	64,54	65,50	65,28	71,25
O i. Uebersch.	12,30	12,82	12,95	13,06	14,35
H_2O	4,65	4,34	8,70	8,46	5,00
	100,10	100,27	99,56	99,78	100,10

Ausserdem Spuren von SO_3, HCl, ZnO und organischer Substanz. Zieht man die unzweifelhaften mechanischen Beimengungen ab und berechnet aus dem überschüssigen Sauerstoffe das vorhandene MnO_2, so gelangt man zu folgenden Formeln:

Ia.: $3MnO_2 : \frac{9}{10}(Ba, Mn, Ca, Mg, K_2, Na_2)O : H_2O$
IIa.: $4MnO_2 : \frac{11}{10}(- - - - - - -)O : 2\frac{1}{2}H_2O$
III: $6MnO_2 : (- - - - - - -)O : 2H_2O$.

Von den früheren Psilomelan-Analysen ergeben nur zwei MnO_2 ohne MnO, die übrigen $MnO_2 : MnO$ zwischen 3 : 1 und 10 : 1, bei Vereinigung der übrigen Basen mit MnO dagegen: $MnO_2 : RO$ zwischen 3 : 1 und 11 : 1.

IV. Wad von unbekanntem Fundorte, grauviolett, aus mikroskopischen einaxigen Blättchen bestehend.

V. W. von Romanèche, Aggregat feiner schwarzer Prismen, deren dünnste unter dem Mikroskope gelbbraun durchsichtig erscheinen; lebhaft doppelbrechend; Schwingungsrichtung der Längsaxe parallel.

VI. W. von Giessen, dicht, gelblichbraun, nicht deutlich krystallinisch.

	IV.	V.	VI.
Unlöslich	0,40	1,40	
SiO_2	0,60	0,80	0,30
Fe_2O_3, Al_2O_3	1,10	1,10	
P_2O_5	0,05	0,05	0,10
As_2O_5	0,15	0,60	—
$CaSO_4$	1,36	0,40	0,60
CaO	4,80	1,65	0,25
MgO	1,90	Spuren	Spuren
BaO	—	15,45	—
K_2O	Spuren	Spuren	4,00
Na_2O	1,70	0,80	1,00
CuO, PbO	0,20	0,30	0,50
ZnO	1,50	Spuren	Spuren
CoO	—	—	0,30
MnO	59,46	60,30	74,00
O i. Uebersch.	11,70	11,95	15,10
H_2O	(14,98)	5,00	3,40
Organ. Subst.	0,10	Spuren	0,30
	100,00	99,80	99,85

In derselben Weise berechnet, wie oben, ergiebt sich:

IV: $3MnO_2 : 1,17(Mn, Ca, Mg, Zn, Cu, Pb, Na_2)O : 3,2H_2O$.
V: $3MnO_2 : 0,99(Ba, Mn, Ca, Pb, Na_2)O : 1,1H_2O$.
VI: $5MnO_2 : 0,90(Mn, K_2, Na_2, Ca, Cu, Co)O : H_2O$.

Das Verhältniss von $MnO_2 : MnO$ liegt hier zwischen 7 : 1 und 10 : 1.

Die Monoxyde der vorstehend untersuchten Mineralien werden denselben durch verdünnte Salpetersäure selbst beim Kochen nur theilweise entzogen. Der Wassergehalt entweicht zum Theil erst bei 100°.

Ref.: P. Groth.

10. L. Michel (in Paris): **Krystallisation von Mennige und Bleisuperoxyd (Plattnerit)** (Bull. soc. franç. min. 1890, **13**, 56). — Kohlensaures Blei mit Kalium- und Natriumnitrat bei 300° geschmolzen liefert Mennige in orangegelben Prismen mit paralleler Auslöschung, Bleioxyd mit Kali geschmolzen dunkelbraune glänzende Krystalle von PbO_2, lange Prismen mit Basis, spaltbar nach dem tetragonalen Prisma und optisch einaxig negativ [isomorph mit SnO_2?. Der Ref.]. Daneben bilden sich rothe quadratische Tafeln von Bleiglätte mit negativer Doppelbrechung.

Ref.: P. Groth.

11. Beaugey (in Pau): **Mineralien in metamorphosirten Kalken der Pyrenäen** (Ebenda, 57, 59). — Albit, in kleinen, durchsichtigen Durchkreuzungszwillingen von der Form derjenigen vom Roc-Tourné, findet sich stellenweise in Menge am Contact mit Diabas bei Bedous (Basses-Pyrén.), unter ähnlichen Verhältnissen in den Kalken bei Biarritz und am Tunnel von Villefranque. Letztere enthalten ferner Dipyr und massenhaft Quarz in nadelförmigen Krystallen mit Einschlüssen von Kalk und Anhydrit in zonarer Anordnung.

Ref.: P. Groth.

12. E. Mallard (in Paris): **Ueber die Spaltbarkeit des Quarzes** (Ebenda, 61). — Wenn man auf eine sehr dünne, parallel der Axe und senkrecht zu (10$\bar{1}$0) geschnittene Quarzplatte mit einer Nadelspitze drückt, so entstehen vier geradlinige Systeme von Spaltungsrichtungen, nämlich zwei spiegelnde Flächen parallel (10$\bar{1}$1) und ($\bar{1}$011), erstere merklich vollkommener und zwei weitere nach (10$\bar{1}$0) und (0001), welche sich aber unter dem Mikroskope als Scheinflächen erweisen, zusammengesetzt aus alternirenden Flächen der beiden ersteren. Ihr Auftreten beweist aber immerhin eine gewisse Wichtigkeit auch der Basis für die Structur des Quarzes.

Ref.: P. Groth.

13. L. Bourgeois (in Paris): **Künstliche Darstellung des Gerhardtit** (Ebenda, 66). — Wenn man Lösungen von Kupfersalzen nach der vom Verf. angegebenen Methode (s. diese Zeitschr. **13**, 426) mit Harnstoff erhitzt, bilden sich stets basische Salze, nämlich aus Sulfatlösung Brochantit, aus Chlorür Atacamit. Bei Anwendung einer Nitratlösung entstehen blaugrüne, dünne Tafeln {001} mit schmalen Randflächen aus den Zonen von (001) mit (100), (010) und (110); der ebene Winkel der letzteren Zonen, die optischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung erwiesen sich identisch mit denen des natürlichen Gerhardtit (s. diese Zeitschr. **11**, 303). Dieselben rhombischen Krystalle erhielt der Verf. auch nach dem Verfahren von Wells und Penfield (l. c. 304), sowie durch einfaches, fortgesetztes Erwärmen einer Lösung von Kupfernitrat.

Zusatz des Ref.: Das von den genannten Autoren dargestellte monokline Salz derselben Zusammensetzung erhielt G. Rousseau (Compt. rend. 1890, **111**, 39) in 5 cm langen Krystallen durch Erhitzen von $(NO_3)_2 Cu + 6 H_2O$ mit Marmorstücken im zugeschmolzenen Rohre auf 220°—225° während 24—48 Stunden.

Ref.: P. Groth.

14. F. Gonnard (in Lyon): **Ueber die Zeolithe des Mont Simiouse (Loire)** (Ebenda, 70).

Derselbe: Offretit, ein neues Mineral (Compt. rend. 1890, **111**, 1002. — Bull. soc. fr. min. 1891, **14**, 58). — Der häufigste Zeolith in den zahlreichen Blasenräumen des Basaltes am Simiouse bei Montbrison (Loire), überhaupt in der Unter-Auvergne sehr verbreitet, ist der Phillipsit. Gewöhnlich bildet er Zwillinge vom Ansehen der in den hessischen Basalten vorkommenden, mit den Flächen (010) nach aussen, und mit {110} und {120}; viel seltener und nur in gewissen Drusenräumen, fehlt {110} und es erscheinen nur die Formen {001} {010} {100}; die letzteren Zwillinge sind oft kreuzförmig mit Rinnen auf {100} und ohne einspringende Winkel auf {010}; gewöhnlich ist ein Krystall erheblich kleiner als der andere.

Chabasit findet sich in kleinen sehr durchsichtigen Rhomboëdern, einfachen und Zwillingskrystallen.

Neben diesen kommt sparsam noch ein dritter Zeolith in farblosen, anscheinend hexagonalen Krystallen, kugeligen Aggregaten oder zusammenhängenden Ueberzügen vor, welcher sich bei späterer genauerer Untersuchung als neu erwies und nach Herrn Offret mit dem Namen »Offretit« belegt wurde. Die isolirten Krystalle dieses Minerals bilden höchstens 1 mm grosse und 0,3 mm dicke hexagonale Täfelchen, deren Basis oft eingesenkt und deren Prismenflächen dann gestreift erscheinen. Optisch zeigen sich dieselben zusammengesetzt aus

Sectoren, ähnlich wie die des Herschelit, von schwacher Doppelbrechung. Spröde, spaltbar senkrecht zur Basis. Spec. Gew. 2,13. Die Analyse ergab:

		O	
SiO_2	52,47	27,98	
Al_2O_3	19,06	8,90	
CaO	2,43	0,69	2,00
K_2O	7,72	1,31	
H_2O	18,90	16,80	
	100,58		

Dies entspricht der Formel: $(K_2, Ca)_2 Al_6 Si_{14} O_{39} + 17 H_2O$, nach welcher das Mineral dem Phillipsit näher steht, als dem Herschelit, dem es in der Krystallform ähnelt.

Ref.: P. Groth.

15. L. Michel (in Paris): **Krystallform des neutralen Natriumuranates** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 72). — Das von Ditte zuerst dargestellte, durch Zersetzung von Uranmolybdat mit Chlornatrium erhaltene Salz UO_4Na_2 krystallisirt rhombisch. Comb. {001} {110} {010}; (110):(1$\bar{1}$0) = 58° 36′. Spaltb. {110}. Lebhaft röthlichgelb. Starke Doppelbrechung. Axenebene (100), erste Mittellinie Axe c; $2E = 59°$.

Ref.: P. Groth.

16. G. Wyrouboff (in Paris): **Krystallform der beiden Naphtole** (Ebenda, 73). — Dargestellt von Léger und mit Kampher zusammen aus Alkohol krystallisirt.

α-Naphtol: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,6128 : 1 : 0,4227.$$

2—3 mm lange gelbliche Prismen {110} {130}, am Ende {011} und zuweilen {001}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(1$\bar{1}$0) =	*63° 0′	—
(110):(130) =	30 0	29° 57′
(011):(0$\bar{1}$1) =	*45 50	—
(011):(110) =	78 20	78 16
(011):(130) =	69 55	70 0

Spaltb. (010). Optische Axenebene (010). Starke Dispersion.

Mit der vom Ref. beschriebenen monoklinen Form des α-Naphtols zeigt die vom Verf. beobachtete keinerlei Aehnlichkeit.

β-Naphtol: identisch mit der vom Ref. angegebenen Form. Der Verf. nimmt dessen {110} als {$\bar{1}$11} und fand für diese Stellung:

$$a : b : c = 1,3662 : 1 : 1,7220; \quad \beta = 78° 24'$$

und die Combination: {001} {$\bar{1}$11} {011}. Meist Zwillinge nach (001).

	Beobachtet:	Berechnet:	Groth:
($\bar{1}$11):($\bar{1}\bar{1}$1) =	*99° 50′	—	99° 47′
($\bar{1}$11):(001) =	*71 20	—	71 17
(011):(001) =	*60 25	—	Nicht beob.
(011):(11$\bar{1}$) =	34 34	34° 30′	- -

Spaltbarkeit vollkommen (001). Optische Axenebene (010); durch (001) eine Axe sichtbar.

Ref.: P. Groth.

17. Derselbe: Krystallform des Ammoniumchromat (Ebenda, 77). — Der Verf. hat früher (s. diese Zeitschr. **4**, 418) das Salz $CrO_4(NH_4)_2$ als rhombisch beschrieben. Vor Kurzem hat nun Muthmann (Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1889, **22**, 2032) dieselbe Substanz in monosymmetrischen Krystallen gemessen. Dies veranlasste den Verf. zur Wiederholung seiner Versuche und er fand jetzt, dass die früher von ihm als rhombisch gedeuteten Krystalle Zwillinge der von Muthmann bestimmten Form seien. Letzterer fand:

$$a : b : c = 1,9603 : 1 : 2,4452; \quad \beta = 64^0\,47'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}$, $\{001\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{110\}$, $\{310\}$, $\{\bar{1}12\}$.

Da der Winkel des Prisma fast genau gleich dem der Form $\{130\}$ des rhombischen Ammoniumsulfates ist, so zieht der Verf. eine Wahl der Grundform vor, welche der Aehnlichkeit beider Krystallformen mehr entspricht. Darnach wird:

$$a : b : c = 1,8152 : 1 : 1,2224; \quad \beta = 77^0\,41'$$

und die obigen Formen (in derselben Reihenfolge) erhalten die Zeichen: $\{100\}$ $\{\bar{1}01\}$ $\{101\}$ $\{110\}$ $\{310\}$ $\{011\}$; ausserdem wurde beobachtet: $\{\bar{2}11\}$. Die gleiche monokline Form wurde schon beobachtet von Marignac an $MoO_4(NH_4)_2$, dessen Elemente Rammelsberg angiebt:

$$a : b : c = 1,757 : 1 : 1,206; \quad \beta = 80^0\,7'.$$

Noch ähnlicher ist nach Topsöe das entsprechende Seleniat; nimmt man für dieses die gleiche Stellung an, so erhält man:

$$a : b : c = 1,7580 : 1 : 1,2060; \quad \beta = 77^0\,15'.$$

In der folgenden Tabelle sind die Winkel dieser beiden Salze mit den von Muthmann angegebenen des chromsauren Ammonium zusammengestellt.

	Beobachtet:	Berechnet:	$SeO_4(NH_4)_2$	$MoO_4(NH_4)_2$
$(110):(\bar{1}10) =$	*58° 50′	—	60° 28′	60° 0′
$(310):(100) =$	30 31	30° 35′	—	—
$(101):(100) =$	*47 46	—	47 7	48 57
$(10\bar{1}):(100) =$	*64 47	—	64 27	62 25
$(011):(100) =$	—	82 8	—	—
$(011):(101) =$	56 4	56 11	—	56 34
$(\bar{2}11):(\bar{1}00) =$	—	53 22	53 0	—
$(\bar{2}11):(011) =$	44 26 (W.)	44 30	44 2	—

Spaltbarkeit $(\bar{1}01)$. Nach Muthmann ist die optische Axenebene (010), durch (101) tritt eine Axe fast senkrecht aus, durch $(\bar{1}01)$ beide mit grossem Winkel.

Die Krystalle des Verfs. waren meist Zwillinge, am häufigsten nach $(\bar{1}01)$; diese sind nach der Symmetrieaxe gestreckt und zeigen am ausgebildeten Ende $\{110\}$ und $\{310\}$ ohne einspringende Winkel; nach $\{100\}$ tafelförmige Combinationen $\{100\}$ $\{110\}$ $\{\bar{1}01\}$ bilden Zwillinge nach ersterer Fläche; endlich kommen auch knieförmige Verwachsungen zweier nach Axe b prismatischer Krystalle oder zweier Zwillinge nach dem ersten Gesetze mit (110) als Zwillingsebene vor.

Ausser den drei oben genannten Salzen krystallisiren sämmtliche analog zusammengesetzte Sulfate, Seleniate und Chromate bekanntlich rhombisch in Formen, welche auf ein sehr ähnliches Axenverhältniss bezogen werden können, z. B. SO_4K_2:

$$a : b : c : = 1,7460 : 1 : 1,3033.$$

Diese Reihe unterliegt also der Dimorphie und zwar sind am selensauren Ammonium beide Formen bekannt (die rhombische wurde von V. von Lang gemessen). Um auch an dem chromsauren Salze die Dimorphie nachzuweisen, stellte der Verf. Mischungen mit dem schwefelsauren dar und fand, dass Mischungen mit bis 50% Chromat rhombisch krystallisiren, wie das reine Sulfat, solche über 86% aber die monosymmetrische Form des chromsauren Salzes annehmen, während Mischungen zwischen diesen beiden Extremen sich nicht bildeten. Darnach scheint die rhombische Form für das Chromat weit stabiler zu sein, als die monosymmetrische für das Sulfat. Die gesetzmässigen Beziehungen beider Formen gehen aus folgendem interessanten Versuche des Verfs. hervor: Bringt man einen Krystall des chromsauren Salzes in eine gesättigte Lösung des schwefelsauren, so lagern sich rhombische Krystalle des Sulfats derart auf ihm ab, dass die Axen c und b beider Arten von Krystallen genau parallel sind, folglich auch die Prismenflächen fast vollständig zusammenfallen. [Dieses Verhalten spricht dafür, dass wir den rhombischen Krystallen dieser isodimorphen Reihe eine Molekularstructur zuschreiben müssen, welche aus alternirenden Schichten von monokliner Symmetrie parallel (100) zusammengesetzt ist, genau so, wie der Orthoklas aus Mikroklinlamellen aufgebaut gedacht werden kann. Der Ref.]

Den rhombischen Formen der vorstehend betrachteten Gruppe stehen diejenigen der Sulfate und Seleniate des Silbers und Natriums sehr nahe (wenn man in der von Rammelsberg adoptirten Stellung a dreimal so gross nimmt, ist das Axenverhältniss fast das gleiche), dieselben besitzen aber ein stark abweichendes Molekularvolum und bilden daher für sich eine isomorphe Gruppe.

Ref.: P. Groth.

18. **A. Lacroix** (in Paris): **Ursprung des Zirkon und Korund vom Dep. Haute-Loire** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 100). — Bei Gelegenheit seiner Studien über die Einschlüsse fremder Gesteine in den eruptiven Bildungen der Auvergne (ausführlicher in der Bull. serv. Carte géol. d. Fr.) fand der Verf., dass die bekannten Hyazinthe und Sapphire von Expaily und Coupé bei Le Puy nichts Anderes sind, als die letzten Reste der Einschlüsse von Gneiss, welcher da, wo er in den Tuffen sich findet, wenig verändert erscheint und die beiden Mineralien in ganz identischer Ausbildung enthält.

Ref.: P. Groth.

19. **E. Jannettaz** (in Paris): **Ueber Türkis** (Ebenda 106). — Bekanntlich unterscheidet man echten, orientalischen oder Mineral-Türkis (turquoise de vieille roche) und occidentalen oder Zahn-Türkis (t. de nouvelle roche). Von letzterer fossilen Substanz organischen Ursprungs fand der Verf. ein Exemplar zusammengesetzt aus 10,7% $CaCO_3$, 72% $Ca_3P_2O_8$ und 16,8% $Fe_3P_2O_8 + 8H_2O$, d. i. Vivianit. In verschiedenen Exemplaren wechselt natürlich das Mengenverhältniss dieser Bestandtheile. Mikroskropisch ist von der organischen Textur [illegible] mehr zu sehen, bis auf feine parallele Canäle, welche mit faserigem Vivia[illegible] gefüllt sind; alles Uebrige bildet eine einfachbrechende trübe Grund-

Die in den Handel kommenden imitirten Türkise, welche aus Thonerde- und Kupferphosphat zusammengesetzt sind, schmelzen v. d. Löthr. sehr leicht zu einer schwarzen Kugel und färben die Flamme intensiv grün, während der echte orientalische Türkis braun oder schwarz wird, ohne zu schmelzen, und die Flamme nur schwach blau färbt.

Ref.: P. Groth.

20. E. Mallard und **H. Le Chatelier** (in Paris): **Thermische Aenderung der Doppelbrechung im Quarz, Baryt und Disthen** (Ebenda 123). Die von Le Chatelier beobachtete Thatsache, dass bei 570° sich die Dichte des Quarzes plötzlich ändert, während die Drehung bestehen bleibt und nur ihre Grösse eine Aenderung erfährt, erklärt Mallard dadurch, dass hierbei nur eine Umwandlung der Symmetrie der Krystallmoleküle eintritt und die Krystallstructur, von welcher die Drehung abhängt, unverändert bleibt. Dieselbe Aenderung erfahren auch die übrigen Modificationen der Kieselsäure, wie der Chalcedon, welche wahrscheinlich eine andere Krystallstructur besitzen. Um nun auch den Einfluss dieser Umwandlungstemperatur auf die Doppelbrechung zu bestimmen, wurde eine der Axe parallele Quarzplatte in einem Porzellanrohre erhitzt und ihre Temperatur thermoëlektrisch gemessen, während polarisirtes Sonnenlicht durch dieselbe ging und mit einem zweiten Nicol und einem Spectroskop die Fizeau-Foucault-schen Frangen erzeugte. Diese wanderten nun beim Erwärmen langsam nach Violett (Abnahme der Doppelbrechung), bei 570° wurden sie verworren, verschwanden und traten an anderen Stellen wieder auf, um sich bei weiter steigender Temperatur sehr langsam nach Roth hin zu bewegen (Zunahme der Doppelbrechung). Durch genaue Messungen, unter Berücksichtigung der zugehörigen Ausdehnungen des Quarzes, ergab sich für Δ, die Differenz der beiden Haupt-Brechungsexponenten unter 570°:

$$10^5 \Delta = 878,2 - 0,0919 t - 0,000184 t^2 + (12,68 + 0,00072 t) \frac{1}{\lambda^2},$$

bei 570° plötzliche Abnahme der Doppelbrechung um

$$22,3 + 2,73 \frac{1}{\lambda^2},$$

über 570°: $10^5 \Delta = \left(743,2 + 10,36 \frac{1}{\lambda^2}\right) [1 + 0,0000755 (t - 570)]$.

Für eine 1 mm dicke Spaltungsplatte von Baryt ergab sich zwischen 0 und 1000° eine sehr einfache Aenderung für die Verzögerung R nach der Formel:

$$10^5 R = \left(1010,8 + 18,52 \frac{1}{\lambda^2}\right)(1 - 0,00069 t).$$

Für eine ebenso dicke Platte von Disthen:
zwischen 0° und 300°:

$$10^5 R = \left(225,7 + 4,68 \frac{1}{\lambda^2}\right)(1 + 0,0000475 t);$$

zwischen 300° und 600°:

$$10^5 R = \left(221 + 5,56 \frac{1}{\lambda^2}\right)(1 + 0,0000744 t).$$

Ref.: P. Groth.

21. L. Michel (in Paris): **Darstellung des Azurit und des Gerhardtit** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 139). — Wie in der Natur diese beiden Substanzen zusammen vorkommen, so erhielt sie auch der Verf. gleichzeitig, als er Kalkspathstücke mit einer Lösung von Kupfernitrat mehrere Jahre stehen liess. Die ersteren waren alsdann bedeckt mit Anhäufungen nach (001) tafeliger Azuritkrystalle, auf denen die ebenfalls nach der Basis tafelförmigen, schön grün durchsichtigen Krystalle des Gerhardtit aufsitzen.

Ref.: P. Groth.

22. G. Wyrouboff (in Paris): **Krystallform des Cadmiumoxalonitrates** (Ebenda 149). — Löst man gleiche Mol. oxalsaures und salpetersaures Cadmium in mit gleichviel Wasser verdünnter Salpetersäure und concentrirt diese Lösung bei 30° und 35°, so entstehen Krystalle des Salzes $C_2O_4Cd + (NO_3)_2Cd + 6H_2O$. Spec. Gew. 2,725.

Triklin. $a:b:c = 0,8622:1:0,6384$;

$\alpha = 89^\circ 25'$, $\beta = 103^\circ 52'$, $\gamma = 85^\circ 17'$.

Beobachtete Formen: $\{1\bar{3}0\}$ $\{130\}$ $\{001\}$ $\{1\bar{1}0\}$ $\{110\}$ $\{100\}$ $\{\bar{1}33\}$ $\{\bar{1}11\}$.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(001):(100) =$	76°12′	76° 2′
$(1\bar{1}0):(110) =$	*80 2	—
$(110):(100) =$	*40 46	—
$(1\bar{3}0):(1\bar{1}0) =$	27 28	27 34
$(130):(110) =$	—	29 8
$(1\bar{1}0):(001) =$	*76 17	—
$(110):(001) =$	*82 30	—
$(1\bar{3}0):(001) =$	—	80 24
$(130):(001) =$	89 38	89 32
$(\bar{1}11):(001) =$	*61 4	—
$(\bar{1}33):(001) =$	36 52	36 50
$(\bar{1}33):(\bar{1}11) =$	23 30	23 46

Ref.: P. Groth.

23. Derselbe: Ueber die Krystallform einiger Hyposulfite (Ebenda, 152).

$3S_2O_3K_2 + S_2O_3Ca + 2\frac{2}{3}H_2O$. Spec. Gew. 2,211.

Monosymmetrisch. $a:b:c = 1,7013:1:0,8710$; $\beta = 81^\circ 8'$.

Dünne Nadeln: $\{110\}$ $\{100\}$ $\{210\}$ $\{520\}$, am Ende (nur eines ausgebildet) $\{011\}$, selten und sehr klein $\{012\}$.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(\bar{1}10) =$	*61°30′	—
$(210):(2\bar{1}0) =$	80 6	80° 6′
$(520):(100) =$	34 1	33 55
$(011):(0\bar{1}1) =$	*81 26	—
$(011):(110) =$	*59 57	—
$(012):(011) =$	17 ca.	17 26

Optische Axenebene (010); Doppelbrechung —, sehr stark; erste Mittellinie bildet mit c $21\frac{1}{2}^\circ$ im stumpfen Winkel β; Axenwinkel sehr gross.

$3S_2O_3K_2 + H_2O$. Spec. Gew. 2,230.

Monosymmetrisch. $a:b:c = 1,5510:1:1,2905$; $\beta = 82^0$.

Nach der Symmetrieaxe verlängerte dünne Tafeln $\{001\}$ mit den Randflächen $\{110\}$ $\{201\}$ $\{100\}$ $\{20\bar{1}\}$ $\{10\bar{1}\}$.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(\bar{1}10) =$	*66° 8'	—
$(110):(001) =$	85 30	85°39'
$(100):(001) =$	*82 0	—
$(201):(100) =$	29 ca.	28 52
$(\bar{2}01):(001) =$	*65 0	—
$(\bar{1}01):(001) =$	42 45	42 59
$(10\bar{1}):(110) =$	—	71 46

Durch (001) sehr grosser Axenwinkel sichtbar, Axenebene $\perp(010)$.

$S_2O_3(NH_4)_2$. Spec. Gew. 1,679.

Monosymmetrisch. $a:b:c = 1,5717:1:1,3500$; $\beta = 85^0 25'$.

Lange, sehr dünne Tafeln $\{001\}$ mit $\{110\}$ $\{111\}$ $\{\bar{1}11\}$. Stets Zwillinge, deren Basis genau in eine Ebene fällt und welche mit einer dazu senkrechten Ebene der Zone $[\bar{1}10]$ verwachsen sind; man erhält ihre Stellung durch Drehung um die Normale zu (001) (pseudohexagonale Axe) um 64° 56'.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(\bar{1}10) =$	*65° 6'	—
$(110):(001) =$	*87 32	—
$(111):(001) =$	*56 10	—
$(\bar{1}11):(001) =$	59 43	59°43'

[Anmerk. des Ref. Die Winkel für $\{111\}$ und $\{\bar{1}11\}$ stimmen nicht mit dem Axenverhältnisse überein.]

Durch (001) eine optische Axe sichtbar; Axenebene $\parallel$ (010).

Ref.: P. Groth.

24. L. Michel (in Paris): **Notiz über die optischen Eigenschaften des Eisenoxyds** (Bull. soc. fr. min. 1890, 13, 159). — Bei Gelegenheit der künstlichen Darstellung des Molybdoferrit erhielt der Verf. bis 6 mm grosse hexagonale Tafeln von Fe_2O_3, welche gestatteten, das Zeichen der Doppelbrechung als — zu bestimmen.

Ref.: P. Groth.

25. E. Mallard (in Paris): **Ueber den Melanophlogit** (Ebenda, 180).
G. Friedel (in Paris): **Ueber den Melanophlogit** (Ebenda, 356).

In der ersteren Publication wird mitgetheilt, dass die durchsichtigen Würfel des Minerals eine sehr schwache Doppelbrechung, die bei 400° noch nicht verschwindet, besitzen und aus, von der Mitte ausgehenden Fasern, deren Sinn der Doppelbrechung negativ ist, bestehen. Dazwischen liegen aber häufig stark positiv doppeltbrechende Quarzpartikel, und zuweilen scheint die ganze Masse in Quarz umgewandelt zu sein.

Die zweite Arbeit enthält eine ausführlichere Untersuchung selbstgesammelten Materials. Dasselbe stammt aus der Solfatare Giona bei Racalmuto, in welcher der schwefelhaltige Kalk zahlreiche Spalten mit schönen Krystallen von Schwefel,

Kalkspath in Skalenoëdern und Cölestin enthält, auf denen ausserdem sehr viel Bitumen vorhanden ist. Der M. findet sich auf jenen Mineralien nur in beschränkter Ausdehnung und bildet meist zusammengehäufte Würfel bis zu 3 mm Durchmesser; selten sind isolirte und noch nicht in Quarz umgewandelte Krystalle von 1 mm. Dieselben zeigen parallel der Aussenflächen gelbliche bis farblose Wachsthumsschichten und im polarisirten Lichte eine Theilung in vier, sehr schwach doppeltbrechende Sectoren nach den Diagonalen; schleift man parallel einer Würfelfläche eine dünnere Platte, so erscheint ein einfachbrechendes Mittelfeld, welches wegen der zu schwachen Doppelbrechung der Substanz im converg. Lichte keine Ringe resp. Kreuz giebt. Hiernach sind die scheinbaren Würfel aus sechs quadratischen Pyramiden (von negativer Doppelbrechung) zusammengesetzt. Ausserdem zerfällt aber jede Fläche dieser Form in zwei, 1° 42′ zu einander geneigte Ebenen; diese stumpfen Kanten bilden die einem eingeschriebenen Tetraëder entsprechenden Diagonalen des Hexaëders; der Winkel der scheinbaren Würfelkanten beträgt 88° 37′ im Mittel. Zuweilen finden sich auch schmale Abstumpfungen der Kanten unter 63° 30′. Spec. Gew. dieser Krystalle 2,030.

Die gewöhnliche Form der zusammengehäuften Krystalle zeigt kleine Erhöhungen auf den Flächen, und Dünnschliffe solcher durch die Mitte erwiesen sich, wie es bereits Mallard fand, zusammengesetzt aus von der Mitte ausgehenden Fasern, deren jede in eine hexaëdrische Ecke, d. h. eine jener Erhöhungen ausläuft und durch eine Mittellinie getheilt wird in zwei Hälften, welche zugleich auslöschen, aber mit einer empfindlichen Platte entgegengesetzte Farbe geben; diese Fasern besitzen dieselbe Doppelbrechung, wie die vorher beschriebenen Krystalle. Spec. Gew. 2,052.

Zur chemischen Untersuchung wurde unter dem Mikroskope im polarisirten Lichte absolut reines Material ausgesucht; dieses verlor beim Pulverisiren seinen Gehalt an schlecht riechender, sehr flüchtiger organischer Substanz (welche ebenso in den begleitenden Mineralien vorhanden ist), fast ganz, so dass die Verbrennungsmethode nur 0,06 % C und einen Gewichtsverlust von 1,32 % H_2O lieferte. Dass dieselbe, obgleich sie die schwarze Färbung beim Erhitzen bewirkt, nicht zur Constitution des Minerals gehört, ersieht man daraus, dass die schwarzen Flecken unregelmässig darin zerstreut liegen. Die einzigen wesentlichen Bestandtheile sind SiO_2 und SO_3 in einer Verbindung, welche auch durch längeres Erhitzen nicht zerstört wird. Die Analyse ergab:

		Berechnet n. d. Formel: $20SiO_2 + SO_3$
SiO_2	93,18	auf 93,18 SiO_2
SO_3	6,19	6,21 SO_3
Fe_2O_3	0,29	

Erst bei Rothgluth tritt ein Verlust von SO_3 ein.

Die dünne kugelige Kruste, auf welcher die Krystalle aufsassen, erwies sich als Opal.

Ausser den oben beschriebenen Arten von Melanophlogitkrystallen finden sich nun die von Mallard (s. oben) beschriebenen Pseudomorphosen. Entweder erscheint in der Mitte ein körniges Quarzaggregat, oder die Krystalle, und dies ist bei der Hälfte aller der Fall, sind vollständig in Quarz umgewandelt. Diese, oft bräunlichen Krystalle sind sehr scharf ausgebildet und glänzend, von unverändertem M. nicht zu unterscheiden, oder mit körniger Oberfläche, dann farblos oder violett, besonders im Kern, endlich auch ganz unvollkommen ausgebildet. Die Umwandlung scheint im Inneren, am Contact mit der unterliegenden Opalschicht,

zu beginnen. Die Quarzpartikel sind im Allgemeinen vom Centrum nach dem Rande zu verlängert und löschen parallel ihrer Längsrichtung aus. Auf der Oberfläche der Pseudomorphosen findet sich häufig ein Ueberzug, eine Art Efflorescenz, von Gyps, wahrscheinlich bei der Umwandlung aus der frei werdenden Schwefelsäure entstanden.

Entstanden ist der M. wahrscheinlich durch Einwirkung der Dämpfe von Schwefelsäureanhydrid auf Opal, der sich nur da findet, wo ersterer vorkommt, bei einer Temperatur von nicht über 100°, da der M. auch auf Schwefelkrystallen aufsitzt. Andererseits scheint der Opal auch wieder für die Umwandlung der Krystalle den Anstoss gegeben zu haben.

Auf den Schwefelkrystallen einer Stufe fand sich ein sehr dünner Ueberzug von Opal und auf diesem Krystalle und kugelige Aggregate von Melanophlogit. Letztere waren aber aus hexagonalen Täfelchen mit einer Pyramide als Randflächen zusammengesetzt; einaxig positiv mit einer Doppelbrechung von 0,012—0,013. Dieselben werden ebenfalls beim Erhitzen schwarz, bei Rothgluth noch leichter weiss, als gewöhnlicher M., und zeigen bei sehr starkem Glühen 12,2% Verlust; der Rückstand besteht aus 93,2 SiO_2 und 5,7 SO_3. Es scheint also, dass die Substanz ursprünglich mehr Schwefelsäureanhydrid enthält und beim Erhitzen die Zusammensetzung des M. annimmt. Spec. Gew. 1,99.

Dieser »hexagonale Melanophlogit«, wie ihn der Verf. vorläufig nennt, scheint sich somit zum gewöhnlichen, tetragonalen M. zu verhalten, wie der Tridymit, dem er in den meisten Eigenschaften sehr nahe steht, zum Christobalit, so dass also der Gehalt an SO_3 keine sehr grosse Aenderung des Kieselsäuremoleküls bewirken würde.

Ref.: P. Groth.

26. G. Cesàro (in Lüttich): **Calcitlamellen in der Kohle der Umgegend von Lüttich** (Ann. d. l. soc. géol. Belg. 1890, **17**, Mém. 85—92, 99—124).

Derselbe: Mechanische Erzeugung der Flächen $-2R$ und $\infty P2$ am isländischen Kalkspath (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 192).

Lässt man eine Lösung von Natriumsalpeter capillar in einen engen Zwischenraum zwischen zwei Glasplatten eindringen, so krystallisirt das Salz so, dass eine Rhomboëderfläche parallel den Glaswänden ist. Aehnliches zeigt der Kalkspath, wo er die Ausfüllung capillarer Spalten in der Steinkohle bildet. Während in Spalten parallel der Flötzebene sich gröbere, ein unregelmässiges Aggregat darstellende Lamellen vorfinden, zeigen sich die feinen Risse, welche parallel der Richtung des Fallens und hierzu ungefähr senkrecht die Kohle durchsetzen, ausgefüllt durch sehr dünne Lamellen, zusammengesetzt aus Theilen, deren eine Rhomboëderfläche parallel der Lamelle, und solchen, mit deren Basis das Gleiche der Fall ist; beiderlei Partien sind durchzogen von zahlreichen Zwillingslamellen nach $-\frac{1}{2}R$; ausserdem finden sich unregelmässige Aggregate, welche die vorerwähnten Partien gleichsam verkitten. Diese Erscheinungen weisen auf Verschiebungen und nachträgliche Neubildungen auf diesen Klüften hin. Dass hierbei auch an der Grenze von Calcit und Kohle eine Bewegung stattgefunden hat, beweist der Umstand, dass die Oberfläche sorgfältig abgelöster Lamellen jene Unebenheiten zeigt, welche man bekanntlich beim Ritzen von Kalkspathflächen erhält und die auf Umlagerung kleiner Partikel in Zwillingsstellung beruhen.

Alle übrigen Beobachtungen des Verfs. über mechanische Herstellung von Flächen am Calcit sind bereits früher von Mügge, zum Theil sogar schon von Reusch gemacht worden.

Ref.: P. Groth.

27. H. Dufet (in Paris): **Krystallographische Notizen** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 199).

Dinatriumphosphit, $PO_3Na_2H.5H_2O$.

Rhombisch. $a:b:c = 0,6998:1:0,7813$.

Beobachtete Formen: {110} {101} {011} {100} {010}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(100) =	*34° 59′	—
(101):(100) =	*41 51	—
(011):(010) =	52 5	52° 0′
(110):(101) =	52 27	52 23
(110):(011) =	69 20	69 20
(101):(011) =	58 18	58 17

Optische Axenebene (001), Axe a erste Mittellinie. Schwache Doppelbrechung. $2V = 43° 16'$ *Li*, $44° 7'$ *Na*, $44° 45'$ *Tl*; $\beta = 1,4434$ *Na*. $2V$ nimmt für 1° um 10′ zu.

Phosphohexametawolframsäure, $24WO_3.P_2O_5.59H_2O$.

Diese und die folgende dargestellt von Péchard (Compt. rend. 1889, **109**, 301). Verwitternde Krystalle, fast genau mit den Winkeln der regulären Comb. {111}, {100}, in Wirklichkeit die Combination eines Rhomboëders {10$\bar{1}$1} von 110° 2′ mit {0001} und {01$\bar{1}$2}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(10$\bar{1}$1):(0001) =	*71° 6′	—
(01$\bar{1}$2):(0001) =	55 27	55° 36′

Phosphopentametawolframsäure, $20WO_3.P_2O_5.62H_2O$.

Reguläre Oktaëder.

Zweites Hydrat, $20WO_3.P_2O_5.50H_2O$.

Vollkommen isomorph mit der vorletzten Säure.

	Beobachtet:	Berechnet:
(10$\bar{1}$1):($\bar{1}$011) =	110° 19′	110° 24′
(10$\bar{1}$1):(0001) =	71 30	71 29
(01$\bar{1}$2):(01$\bar{1}\bar{1}$) =	*52 20	—

Phosphotrimetawolframsäure, $12WO_3.P_2O_5.42H_2O$.

(Péchard, Compt. rend. 1890, **110**, 754.)

Triklin. $a:b:c = 0,9916:1:1,5931$.

$A = 89° 20'$ $B = 97° 55\frac{1}{2}'$ $C = 84° 23'$
$\alpha = 90\ 6$ $\beta = 97\ 53\frac{1}{2}$ $\gamma = 84\ 25\frac{1}{2}$

Beobachtete Formen: {110} {1$\bar{1}$0} {001}, zugleich Spaltungsflächen; klein und oft fehlend: {10$\bar{1}$}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(1$\bar{1}$0) =	*88° 58′	—
(110):(001) =	*84 33	—

	Beobachtet:	Berechnet:
$(1\bar{1}0):(001)$	$= {}^*84^0\,10'$	—
$(00\bar{1}):(10\bar{1})$	$= {}^*64\quad 4$	—
$(1\bar{1}0):(10\bar{1})$	$= {}^*51\quad 39$	—
$(110):(10\bar{1})$	$= 55\quad 43$	$55^0\,44'$

Auslöschungsrichtung auf $(1\bar{1}0)$ 18^0 mit Axe c im stumpfen Winkel der Kante zu (001) und c; auf (110) $3{,}^05$ ditto; auf (001) 5^0 mit Kante $(001)(110)$ im stumpfen Winkel der Kanten zu $(1\bar{1}0)$ und (110).

Phosphotrimetawolframsaures Natrium, $2Na_2O.12WO_3.P_2O_5.18H_2O$.

Dieselben Formen und Spaltungsrichtungen wie vor.; $(10\bar{1})$ selten und wegen Rundung nur angenähert messbar. Zwillinge nach dem Periklingesetze. Beob.: $(1\bar{1}0):(110) = 89^0\,44'$, $(001):(110) = 85^0\,23'$, $(001):(1\bar{1}0) = 84^0\,0'$, $(00\bar{1}):(10\bar{1}) = 64^0\,58'$, $(1\bar{1}0):(10\bar{1}) = 51\frac{1}{2}^0$ appr., $(110):(10\bar{1}) = 55\frac{1}{3}^0$ appr. Die den obigen entsprechenden Winkel für die Schwingungsrichtungen sind: 19^0, 12^0, 0^0.

Kupfersalz, $2CuO.12WO_3.P_2O_5.11H_2O$.

Oktaëdrische Comb. $z\{10\bar{1}1\}$ $\{0001\}$. Blaugrün, verwitternd; schwach doppeltbrechend.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$	$= 110^0\,50'$	$110^0\,50'$
$(10\bar{1}1):(0001)$	$= {}^*71\quad 55\frac{1}{2}$	—

Baryumsalz, $2BaO.12WO_3.P_2O_5.15H_2O$.

Kleine einaxige Krystalle wie vor.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$	$= 111^0\,0'$	$111^0\,1'$
$(10\bar{1}1):(0001)$	$= {}^*72\quad 7$	—

Calciumsalz, $2CaO.12WO_3.P_2O_5.19H_2O$.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$	$= {}^*110^0\,58'$	—
$(10\bar{1}1):(0001)$	$= 71\quad 59$	$72^0\,4'$

Magnesiumsalz, $2MgO.12WO_3.P_2O_5.10H_2O$.

Wenig verwitternd. Sehr schwach doppeltbrechend.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$	$= {}^*110^0\,49'$	—
$(10\bar{1}1):(0001)$	$= 71\quad 54$	$71^0\,55'$

Nach Péchard sollen die Salze von *Li*, *Sr*, *Cd*, *Zn* die gleichen rhomboëdrischen Formen zeigen.

Natriumchloroiridat, $IrCl_4.2NaCl.6H_2O$.

Isomorph mit dem von Marignac gemessenen Chloroplatinat.

Triklin. $a:b:c = 0{,}5013:1:0{,}8702$.

$A = 91^0\,19'$ $\quad B = 127^0\,53'$ $\quad C = 99^0\,10'$
$\alpha = 84\;\,29$ $\quad \beta = 128\;\,12$ $\quad \gamma = 100\;\,39$

Beobachtete Formen: {010} {110} {1$\bar{1}$0} {001} {011} {0$\bar{1}$1} {11$\bar{2}$} {1$\bar{1}$$\bar{2}$}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(010) =	*60° 39′	—
(1$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$0) =	*76 32	—
(001):(010) =	*88 41	—
(001):(0$\bar{1}$1) =	35 13	35° 15′
(001):(011) =	*34 24	—
(010):(11$\bar{2}$) =	60 34	60 34
(0$\bar{1}$0):(1$\bar{1}$$\bar{2}$) =	*74 22	—
(1$\bar{1}$0):(001) =	53 25	53 25
(001):($\bar{1}$12) =	56 57	56 52
(001):(110) =	56 32	56 32
(001):($\bar{1}$$\bar{1}$2) =	61 43	61 28
(011):($\bar{1}$12) =	53 23	53 24

Kaliumiridiumsesquichlorür, $IrCl_3.3KCl.3H_2O$.

Joly (Compt. rend. 1890, **110**, 1132).

Tetragonal. $a : c = 1 : 1,6149$.

Beobachtete Formen: {001} matt, {101} glänzend, zuweilen sehr klein {110}. Schwarz, in sehr dünnen Schichten olivengrün; schwache Doppelbrechung.

	Beobachtet:	Berechnet:
(101):(10$\bar{1}$) =	*63° 32′	—
(101):(011) =	73 55	73° 55′

Ammoniumiridiumsesquichlorür, $IrCl_3.3(NH_4Cl).H_2O$.

Joly l. c. (die früheren chem. u. kryst. Angaben über dieses Salz sind zu corrigiren).

Rhombisch. $a : b : c = 0,8581 : 1 : 0,4946$.

Dunkel grünlichbraune Prismen {110}, untergeordnet: {010} {100} {120} {210}, am Ende {011}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(110):(100) =	*40° 38′	—
(110):(120) =	19 12	19° 8½′
(110):(210) =	17 20	17 25
(011):(0$\bar{1}$1) =	*52 38	—
(011):(110) =	73 13	73 13

Lithiumkaliumferrocyanür, $Li_2K_2FeCy_6.3H_2O$.

Früher von Wyrouboff gemessen, welcher jedoch den Krystallen eine andere Stellung gegeben hatte und dessen optische Angaben fehlerhaft sind.

Monoklin. $a : b : c = 0,9618 : 1 : 0,7472$;
$\beta = 83° 52′$.

Beobachtete Formen: {100} [Wyr. {001}], {010}, {210}, {111}, {$\bar{1}$11}, selten {012} und {001} [Wyr. {10$\bar{1}$}].

	Beobachtet:	Berechnet:
$(100):(210)$ =	$25°32'$	$25°33'$
$(111):(\bar{1}\bar{1}1)$ =	$*94\ 9$	—
$(111):(010)$ =	$*60\ 49$	—
$(11\bar{1}):(010)$ =	$*58\ 13$	—
$(111):(100)$ =	$54\ 28$	$54\ 33$
$(11\bar{1}):(100)$ =	$61\ 43$	$61\ 38$
$(012):(0\bar{1}2)$ =	$40\ 48$	$40\ 46$
$(210):(111)$ =	$42\ 46$	$42\ 49$
$(111):(012)$ =	$33\ 14$	$33\ 16$
$(210):(11\bar{1})$ =	$49\ 2$	$49\ 1$
$(11\bar{1}):(01\bar{2})$ =	$37\ 46$ appr.	$37\ 33$
$(2\bar{1}0):(111)$ =	$71\ 44$	$71\ 46$
$(2\bar{1}0):(11\bar{1})$ =	$78\ 23$	$78\ 23$

Durch Totalreflexion wurde gemessen (D):

$$\alpha = 1,5883, \quad \beta = 1,6007, \quad \gamma = 1,6316.$$

Daraus: $2V = 65°45'$. Axenebene (010). Durch Messung des Axenaustritts aus den Flächen von $\{11\bar{1}\}$ ergab sich: $2V = 65°56'$ und Winkel der ersten Mittellinie mit der Normalen zu (100) im stumpfen Winkel $(100):(10\bar{1}) = 45°50'$. Doppelbr. +, starke geneigte Dispersion.

$$\beta = 1,5947\ Li, \quad 1,6066\ Tl.$$

Daraus folgt für den Winkel der ersten Mittellinie mit der Verticalaxe im stumpfen Winkel β:

	$44°32'$ *Li*,	$44°10'$ *Na*,	$43°50'$ *Tl*.
$2V =$	$66\ 31$ -	$65\ 56$ -	$65\ 22$ -

Ref.: P. Groth.

28. L. Michel (in Paris): **Ueber einige Mineralien von Malines (Gard)** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 212). — A. a. O., bei Saint-Laurent-le-Minier, befindet sich in den dolomitischen Kalken an der Basis des Unter-Oolith ein mächtiges Lager von Zink- und Bleierzen, welches denen Belgiens und Oberschlesiens analog ist. Derbe schwarze Blende (19 % FeS) zeigt in ihren Höhlungen Krystalle ($-2R$) von Capnit (CO_3Zn mit 14 % CO_3Fe), von Schwefel, Comb. $\{001\}$ $\{101\}$ $\{011\}$ $\{010\}$ $\{115\}$ $\{113\}$ $\{112\}$ $\{111\}$ $\{110\}$ $\{133\}$ und sehr glänzende, durchsichtige Cerussitkrystalle: $\{100\}$ $\{001\}$ $\{010\}$ $\{011\}$ $\{111\}$ $\{110\}$. Ferner erscheint Smithsonit derb, krystallisirt und in skalenoëdrischen Pseudomorphosen, letztere kappenförmig mit Zwischenschichten von Zinkblüthe. Auf dem Zinkspath sitzen häufig Krystalle von Cerussit, welche theilweise oder ganz in Anglesit umgewandelt sind; ferner wird er gewöhnlich bedeckt von einer faserigen Schicht von Zinkblüthe. Endlich kommen auch Krystalle von Gyps vor, Comb. $\{001\}$ $\{110\}$ $\{010\}$ $\{120\}$ $\{\bar{2}11\}$.

Ref.: P. Groth.

29. G. Wyrouboff (in Paris): **Weitere Untersuchungen über circularpolarisirende Krystalle** (Ebenda, 215 *)).

*) Vergl. diese Zeitschr. **14**, 400.

α) $SO_4Li(NH_4)$. Rhombisch, jedoch in den Winkeln nicht merklich von einer hexagonalen Form abweichend, Comb. {001} {110} {010} {112} {011}, entweder nach {001} tafelförmig, oder nach Axe *c* prismatisch, in beiden Fällen mit hexagonalem Habitus, oder endlich nach Axe *a* verlängert; untergeordnet kommen zuweilen vor: {012} {013} {121}. Da die Zwillinge keinen Unterschied der Neigung von {112} und {011} erkennen lassen, wird das hexagonale Axenverhältniss $a : b : c = \frac{1}{\sqrt{3}} : 1 : 1,9223$ angenommen. Optische Axenebene (100): erste Mittellinie Axe *c*; $2E = 62^0$, schwache Dispersion $\varrho > v$; ziemlich starke Doppelbrechung. Zwillinge, aus zwei oder vier Sectoren zusammengesetzt, deren optische Axenebenen 60^0 mit einander bilden; Drillinge nach demselben Gesetze, aus drei oder sechs Sectoren bestehend. Nur, wenn mehr als drei Sectoren vorhanden sind, erschienen ferner noch kleine trianguläre Partien, welche aus über einander liegenden Lamellen von dreierlei Orientirung aufgebaut sind und daher keine Auslöschung, sondern Drehung der Polarisationsebene, schwächere Doppelbrechung und kleineren Axenwinkel zeigen.

β) Dasselbe Salz krystallisirt unter 25^0 in rhombischen Krystallen mit dem Axenverhältnisse $a : b : c = 0,5981 : 1 : 0,5832$ und den Formen: {100} {010} {110} {120} {320} {101} {102} {011} {111} {112} {324}; dünne Tafeln nach {010}; darnach sehr leicht spaltbar. Optische Axenebene {010}, erste Mittellinie Axe *a*, $2E = 54^0 48'$ roth, $75^0 18'$ grün; ausserordentlich schwache Doppelbrechung. Beim Erhitzen unverändert, verwandelt sich ein Krystall, wenn eine Spur Wasser vorhanden ist, rasch in ein Aggregat der Form *α*.

γ) Eine dritte, sehr labile Form des Salzes erhält man, wenn man eine Platte von *α* sehr rasch abkühlt: dieselbe wird plötzlich stärker doppeltbrechend, erhält Risse parallel der Axe *a* und zeigt eine optische Axe verschoben, d. h. ist monoklin geworden mit {100} als Symmetrieebene. Bis auf die erst allmählich verschwindenden Risse erfolgt bei Erhöhung der Temperatur plötzlich wieder die umgekehrte Umwandlung, und dies kann beliebig oft wiederholt werden.

SO_4LiRb. Krystalle, den hexagonal-prismatischen des Ammoniumsalzes *α* gleichend, aber weniger vollkommen. Basische Platten zeigen eine oder zwei Farbenringe, mit einem zuweilen sich etwas öffnenden Kreuze. Bei grösserer Dicke zeigen die wenigen klaren Stellen Circularpolarisation. Die Partien mit sich öffnendem Kreuze sind aus Sectoren von äusserst geringer Doppelbrechung zusammengesetzt; beim Erwärmen erscheinen lebhaftere Farben, die Auslöschungen der Sectoren unter 60^0 werden deutlicher, die Axen sind aber noch unregelmässig, während eine einaxige Partie sich lange erhält; die Platte ist nirgends ganz homogen. Dies wird sie jedoch plötzlich bei 400^0, wenigstens anscheinend; diese rhombisch zweiaxige Form verwandelt sich durch Abkühlung wieder in die einaxige.

SO_4LiK. Das von Wulff untersuchte Salz (s. diese Zeitschr. **17**, 395 und **21**, 255) zeigt niemals die geringste optische Anomalie. Wenn man aber eine basische Platte auf 500^0 erhitzt, so hellt sie sich auf und zeigt eine feine Drillings-Parquettirung, wie sie weniger regelmässig auch am Rubidiumsalze zu beobachten ist. Diese Umwandlung ist reversibel und kann an sehr homogenen Platten oft wiederholt werden. Auch in Bezug auf die mit der Temperatur steigende Doppelbrechung findet eine plötzliche beträchtliche Zunahme statt. Wenn die Einaxigkeit bei diesem Salze Folge eines regelmässigen Aufbaues in verschiedener Orientirung ist, welcher die Doppelbrechung verminderte und die Circularpolarisation erzeugte, so muss hier die zu Grunde liegende Form so nahe hexa-

gonale Symmetrie besitzen, dass der Uebergang ohne Störung der Homogenität des Krystalles stattfinden kann.

Keines der drei Salze zeigt Andeutungen der Hemiëdrie, auch nicht in den Aetzfiguren.

Mischungen des Ammoniumsalzes mit wenig (bis 15 %) der Kaliumverbindung sind fast einaxig, positiv. Da das letztere Salz negativ doppeltbrechend ist, so zeigen kaliumreichere Mischungen dieselben Erscheinungen wie der Apophyllit. Die nach der Verticalaxe verlängerten Mischkrystalle zeigen stark cannellirte Prismenflächen (aus hexagonalen Prismen erster und zweiter Ordnung bestehend) und rauhe, aus Krystallspitzen zusammengesetzte Basisflächen, während die Pyramidenflächen eben und glänzend sind.

ClO_3Na krystallisirt, wenn ganz rein, sowohl aus Lösungen, als aus dem Schmelzflusse in vollkommen einfachbrechenden Krystallen. Die von Mallard beobachteten doppeltbrechenden Nadeln bilden sich nur bei der gewöhnlichen Verunreinigung mit ClO_3K. Man erhält die zweite Form des Natriumsalzes, wenn man dasselbe auf einem Objectträger vollständig schmilzt und unter einem Deckglase langsam erstarren lässt. War keine Spur festen regulären Salzes mehr vorhanden, so entstehen monokline Krystalle mit kleinem Axenwinkel ($2E = 25^0$ ca.) und stark geneigter negativer Mittellinie, übereinstimmend mit ClO_3K; dickere Krystalle zeigen, wie dieses Salz, Zwillingsbildung nach der vorherrschenden Fläche. Beim Abkühlen entstehen Spaltungsrisse nach ($\bar{1}11$), die einander unter $101^0 30'$ schneiden (beim ClO_3K beträgt der ebene Winkel derselben Spaltungsflächen $100^0 46'$). Von diesen Rissen aus wandelt die Substanz sich allmählich in die reguläre Modification um und nach einigen Stunden sind die Krystalle vollkommen homogen und einfachbrechend.

Beim Natriumbromat genügen sehr geringe Mengen beigemengten Kaliumsalzes, um die zweite Form, die stark doppeltbrechenden Nadeln, zu erhalten. Beim Erhitzen zersetzt sich das Salz bereits, ehe es schmilzt.

Die Erscheinung des schwarzen Kreuzes der nicht drehenden Krystalle beim Amethyst schreibt Verf. entweder einem regelmässigen Aufbau der zweiaxigen Moleküle mit abwechselnd rechter und linker Schraubenanordnung oder einer Aufschichtung unter rechtem Winkel zu, welche letztere Annahme die Existenz einer sechszähligen Hauptaxe erfordern würde.

Ref.: P. Groth.

30. F. Fouqué (in Paris): **Ueber einige Mineralien von Santorin** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 245). — In einem Bimssteine von Akrotri auf Thera sind die Höhlungen erfüllt mit Opal, zuweilen daneben mit Chalcedon und Quarz. In dem ersteren schwimmen mikroskopische rhomboëdrische Krystalle mit starker Doppelbrechung, welche mit Flusssäure isolirt werden konnten. Dieselben erwiesen sich als Alunit.

Die Santorinlaven des Ausbruches von 1866 enthalten Einschlüsse, welche unzweifelhaft von verändertem Kalkstein herrühren; dieselben bestehen aus Anhydrit, welcher auch mikroskopisch das Zwillingsgesetz zeigte, das Hessenberg an den Krystallen in den Drusen dieser Einschlüsse beobachtete, ferner Wollastonit, Fassaït, Melanit und ein gelbes, in tetragonalen Tafeln krystallisirtes Mineral, wahrscheinlich Melilith.

Ref.: P. Groth.

31. A. de Grammont (in Paris): **Künstliche Darstellung des Boracit auf nassem Wege** (Ebenda, 252). — 2 Th. Chlormagnesium und 1 Th. Borax wurden

mit wenig Wasser in einem schwer schmelzbaren Glasrohre eingeschlossen und 2—3 Tage lang im Oelbade auf 275°—280° erhitzt. Der Inhalt der nichtexplodirten Röhren wurde durch kochendes Wasser von *NaCl* befreit und durch wiederholtes Auswaschen der entstandene Boracit von dem ihn umhüllenden amorphen und gelatinösen Magnesiumborat getrennt. Der zurückbleibende, das Glas ritzende Sand besteht aus glänzenden Tetraëdern (z. Th. mit Gegentetraëder) und Pyramidentetraëdern mit gerundeten Kanten. Schnitte nach einer Tetraëderfläche zeigen drei Sectoren, parallel der Seite auslöschend. Spec. Gew. 2,89. Die Analysen ergeben etwas zu wenig Chlor und etwas zu viel Magnesium, da die letzten Spuren des amorphen Salzes nicht zu entfernen sind, stimmen aber genügend mit der Formel des Boracit, welchen der Verf. (wie der Ref.) als ein Derivat der Oktoborsäure mit den einwerthigen Gruppen *Mg-Cl* ansieht.

Das Mineral bildete sich bei einer die bekannte Umwandlungstemperatur des Boracit (265°) übersteigenden Temperatur, denn bei 200°—240° entstanden ausser dem amorphen Magnesiumborat nur wenige anscheinend hexagonale, wahrscheinlich rhombische Krystalle, welche chlorhaltig waren, aber zur Analyse nicht rein erhalten werden konnten [vielleicht isolirte Krystalle der rhombische Modification?].

In weniger durchsichtigen Krystallen wurde Boracit auch erhalten durch Einwirkung von Magnesiumsulfat auf Borax und etwas Chlormagnesium unter gleichen Versuchsbedingungen.

Ref.: P. Groth.

32. W. Vernadsky (in Paris): **Darstellung des Sillimanit** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 256). — Die vom Verf. früher (s. diese Zeitschr. **20**, 276) beobachtete Umwandlung des Disthen in Sillimanit findet, nach Messungen mit dem Le Chatelier'schen Pyrometer, zwischen 1320° und 1380° unter Wärmeentwickelung statt und ist nicht reversibel.

Dumortierit von Arizona, durch kalte Flusssäure und schwere Lösungen fast vollständig von dem begleitenden Quarze getrennt, wird in Weissgluth weiss und opak ohne deutliche Schmelzung; die Masse besteht alsdann fast ausschliesslich aus prismatischen Krystallen mit allen Eigenschaften des Sillimanit. Ebenso entweichen die flüchtigen Bestandtheile des Topas bei Weissgluth, ohne dass derselbe schmilzt, und es entsteht ein Aggregat von Sillimanitkrystallen.

Obgleich gepulverte Kieselsäure und Thonerde im Leclercq-Fourquignon-Ofen unschmelzbar sind, erhält man doch ein sehr hartes milchiges Glas aus einem Gemenge von 1 Th. Al_2O_3 und 2 Th. SiO_2. Dasselbe zeigt eine amorphe Grundmasse erfüllt mit nadelförmigen Krystallen, welche durch kalte Flusssäure isolirt werden konnten und sich als Sillimanit erwiesen. Die Grundmasse ist wesentlich SiO_2, wahrscheinlich glasig erstarrt nach der Schmelzung in Folge der Wärmeentbindung, welche den Process der Sillimanitbildung begleitet. Nach der Reaction ist das Glas unschmelzbar geworden.

Dem entsprechend liefert Kaolin, welcher SiO_2 und Al_2O_3 in dem angegebenen Verhältnisse enthält, in gleicher Weise behandelt, ebenfalls Sillimanit, und ebenso verwandelt sich feuerfester Thon durch langes Erhitzen, ohne zu schmelzen, in ein Aggregat von S. und eine amorphe Substanz. Es bestehen daher alle stark geglühten Thongeschirre, besonders Schmelztiegel und dergl. aus einem Gemenge von Sillimanit und einem Glase, welches ausser Kieselsäure (und vielleicht Thonerde) die Oxyde und Alkalien des verwendeten Thones enthält. Pfeifen bestehen

fast ausschliesslich aus den ersteren. In den hessischen Tiegeln finden sich ausserdem amorphe Kieselsäure und Tridymit, aus den Quarzkörnern entstanden.

Dass das Porzellan aus einem Gemenge mikroskopischer Nadeln mit einem amorphen Glase besteht, und dass die Volumänderung desselben auf eine chemische Reaction hinweist, ist schon lange bekannt. Der Verf. untersuchte nun P. von Sèvres u. a. O. und es gelang ihm, durch Behandeln mit Flusssäure und concentrirter Schwefelsäure die prismatischen Krystalle, welche bei Hartporzellan bis 35% der Masse betragen, zu isoliren. Dieselben besitzen die Eigenschaften des Sillimanit, ergaben aber bei der Analyse eine Zusammensetzung von ca. $8SiO_2 : 11Al_2O_3$, wonach es möglich erscheint, dass denselben durch die Behandlung mit Säuren etwas Kieselsäure entzogen worden ist.

Ref.: P. Groth.

33. H. Dufet (in Paris): **Vergleichung der Brechungsindices verschiedener Quarze** (Ebenda 271). — Da die bisherigen Bestimmungen der Brechbarkeit des Quarzes nicht absolut genau übereinstimmen, stellte der Verf. Messungen an Quarzen sehr verschiedener Herkunft mit dem Pulfrich'schen Totalreflectometer an. Zunächst wurde an dem Quarz, welcher früher dem Verf. zur Bestimmung der thermischen Aenderung der Brechungsexponenten gedient hatte, der Werth ω für $15^0 = 1,54421$ (D) sehr sorgfältig bestimmt und dann alle anderen Quarze mit diesem verglichen, indem jede Messungsreihe mit einer Messung an jenen begonnen und geschlossen wurde. Ausser der hierdurch bewirkten Elimination des Temperaturfehlers wurde derjenige, welcher von dem Nichtparallelismus der dünnen Schicht stark brechender Flüssigkeit zwischen Krystall und Cylinder bewirkt wird, beseitigt durch Einstellung in zwei um 180° abstehende Positionen.

Es ergab sich, dass die Differenzen des Brechungsexponenten ω von dem des Normalquarzes meist innerhalb der Fehlergrenze lagen, nämlich für wasserhelle Quarze (1—3 Einheiten der 6. Decimale) grösser oder kleiner, für Rauchquarze bis 7 Einheiten der 5. Decimale (wobei aber einzelne Stellen der Krystalle genau den normalen Werth ergaben), für milchigen Quarz von Westphalen stellenweise bis 11 Einheiten der 5. Decimale schwankend. Sämmtliche untersuchten Amethyste und ein Rosenquarz von Tammela ergaben ω um 4—6 Einheiten der 5. Decimale höher.

Ref.: P. Groth.

34. G. Wyrouboff (in Paris): **Untersuchungen über Polymorphismus und Pseudosymmetrie** (Ebenda 277). — Der Verf. definirt diese beiden Bezeichnungen folgendermassen: Polymorph sind solche Körper, welche bei vollkommen chemischer Identität (dadurch von »isomeren« unterschieden) mehrere Krystallformen mit constanten und der Form entsprechenden Eigenschaften zeigen, zwischen denen es keine intermediären Formen giebt und welche in einander übergeführt werden können, aber ohne sich jemals zu mischen (CO_3Ca, $SO_4Ni + 6H_2O$, $NO_3(NH_4)$ u. a.); — pseudosymmetrisch sind diejenigen Körper, deren physikalische Eigenschaften nicht ihrer Krystallform entsprechen und alle möglichen Uebergänge zwischen den der höheren Symmetrie der äusseren Form zukommenden und den, stets mit stärkerer Doppelbrechung verbundenen zeigen, welche der inneren Structur angehören (gelbes Blutlaugensalz, alle circularpolarisirenden Krystalle, optisch anomale reguläre Substanzen, wie Senarmontit, Zinkblende).

Die ersteren zerfallen in zwei Gruppen:

1) Polymorphe Körper, bei denen die, im Allgemeinen reversible, Umwandlung stattfindet, ohne die äussere Form und die Homogenität aufzuheben, daher bei der Umwandlungstemperatur die Molekularstructur beider Formen die gleiche sein muss. Stets entsteht die höher symmetrische Form erst bei höherer Temperatur und ist bei niedriger weniger stabil, als die andere (SO_4K_2, SeO_4K_2, SO_4Na_2, SO_4Li_2, $SiO_4Li(NH_4)$, selensaures Strychnin, Boracit).

2) Weit zahlreicher sind die Fälle, in denen die, meist reversible, Umwandlung so stattfindet, dass ein unregelmässiges Aggregat der zweiten Form entsteht und bei der Rückumwandlung nicht wieder ein homogener Krystall der ersten Form zu Stande kommt. Je langsamer eine solche Umwandlung erfolgt, desto grösser sind die Partikel des entstehenden Aggregates. Wie bei der Pseudomorphosenbildung, erfordert sie eine gewisse Beweglichkeit der Moleküle, manchmal partielle Lösung oder Schmelzung, und beruht daher auf einer Veränderung der Krystallstructur. Die Stabilität der verschiedenen Formen kann bei gewöhnlicher Temperatur nahezu gleich sein, wie bei $SO_4Li(HN_4)$, $SO_4Ni + 6H_2O$, $Cr_2O_7Rb_2$, CO_3Ca, oder ausserordentlich verschieden, wie bei SO_4LiNa und AgJ. Ferner können beide Formen gleichen Grad der Symmetrie besitzen.

Der Verf. schlägt vor, auf die erstere Gruppe den Namen Polymorphismus zu beschränken und für die zweite die Bezeichnung »Paramorphismus« anzuwenden.

Auch unter den pseudosymmetrischen Körpern kann man zweierlei unterscheiden: solche, die aus einer bestimmten Anzahl von Individuen, welche sämmtlich gleiche physikalische Eigenschaften besitzen, nach einem bestimmten Gesetze zusammengesetzt sind (Boracit), und solche, wie die circularpolarisirenden Krystalle, Senarmontit, Apophyllit u. s. w., in denen durch die Mischung die Eigenschaften der Substanz einer Orientirung ganz verloren gehen und variabele Eigenschaften oder, wenn die Mischung eine ganz gleichmässige, auch Homogenität zu beobachten ist, was aber immer nur unter gewissen Verhältnissen stattfindet. Durch Aenderung der Temperatur erfahren die letzteren Körper tiefgehende, im Allgemeinen reversible Modificationen ihrer optischen Eigenschaften und schliesslich nehmen sie einen bei höheren Temperaturen constanten Zustand an, welcher stets einer geringeren Symmetrie entspricht, als die äussere Form.

Diese Verschiedenheiten versucht nun der Verf. durch folgende theoretische Vorstellungen zu erklären: Die chemischen Moleküle können sich in verschiedener Weise raumgitterartig zu einem »Krystallpartikel« vereinigen; die Raumgitter-Anordnung dieser »Partikel« bildet den Krystall. Sind beide Raumgitter identisch, so ist der Krystall symmetrisch, anderenfalls pseudosymmetrisch. Ersteren Fall stellen die polymorphen Körper dar; bei der Umwandlung solcher aus der einen Form in die andere muss daher die Symmetrie beider Raumgitter sich gleichzeitig ändern, wenn der Krystall homogen bleiben soll (erste Gruppe s. oben), oder, wenn nur das »Partikel« sich ändert, wird der Krystall zerstört (zweite Gruppe). Auf die pseudosymmetrischen (d. i. optisch anomalen) Körper wäre hiernach die Theorie Mallard's zu beschränken, und beide Erscheinungen, Polymorphismus und Pseudosymmetrie, wären auch bei einer und derselben Substanz möglich.

Bei seinen Beobachtungen über die Umwandlungserscheinungen benutzte der Verf. aus den Krystallen geschnittene, dünne, durchsichtige Platten, welche auf einem Objecttische bis zum Erweichen des Glases erhitzt werden konnten, oder Schmelzflüsse zwischen dünnen Glasplatten. Zur Beobachtung diente ein schwach vergrösserndes Mikroskop, unter dem Object befindlich und durch ein Prisma

das Bild aufnehmend. In genügender Entfernung vom Objecttische war der Polarisator angebracht, während sich der Analysator über dem Ocular befand.

$Cr_2O_7Rb_2$: Die beiden, schon früher vom Verf. angegebenen Formen bilden sich gleichzeitig aus Lösungen über 35° und sind bei gewöhnlicher Temperatur gleich beständig. Neben den unvollkommen grossen Krystallen der triklinen Form erhielt der Verf. auch einige gut ausgebildete kleine mit den Formen {001} {100} {011} {010} {01$\bar{2}$} {101} {$\bar{1}$11} (nach Rammelsberg's Stellung des Kaliumbichromat). An den grösseren Krystallen konnte auch ausser der vollkommenen Spaltbarkeit nach (001) die viel weniger vollkommene nach (100), wie beim Kaliumsalz, nachgewiesen werden. In der folgenden Tabelle sind die krystallographischen Daten des *Rb*-, *Ka*- und $(NH)_4$-Salzes zusammengestellt.

	$Cr_2O_7Rb_2$ beob.:	trikl. ber.:	$Cr_2O_7K_2$ trikl. ber.:	$Cr_2O_7Rb_2$ monokl. ber.:	$Cr_2O_7(NH_4)_2$ monokl. ber.:
(001):(100) =	*81° 27′	—	83° 36′	87° 8′	86° 18′
(001):(010) =	*90 26	—	81 51	90 0	90 0
(100):(010) =	*86 15	—	88 15	90 0	90 0
(110):(1$\bar{1}$0) =	—	88° 33′	90 54	91 4	91 38
(101):(001) =	*54 28	—	55 50	58 12	57 5
(101):(010) =	—	87 7	84 44	90 0	90 0
(011):(001) =	*60 28	—	54 54	60 46	60 26
(011):(100) =	82 40	82 28	85 37	—	88 36
(101):(011) =	70 24	70 26	—	—	—
(0$\bar{1}$2):(001) =	—	40 26	—	—	—
(0$\bar{1}$2):(100) =	86 25	86 28	—	—	—
($\bar{1}$11):(001) =	73 15	73 10	67 1	70 0	70 8
($\bar{1}$11):(010) =	—	49 44	45 41	47 56	47 38
($\bar{1}$11):(100) =	—	52 28	53 33	52 8	—
	α	93° 52′	90° 52′	90° 0′	90° 0′
	β	89 0	98 0	90 0	90 0
	γ	98 36	96 13	92 53	93 42
	a	0,9858	1,012	1,0175	1,027
	c	1,7574	1,815	1,7890	1,7665

Die beträchtliche Differenz zwischen den beiden triklinen Salzen*) lässt es fraglich erscheinen, ob dieselben isomorph sind; die Umwandlungserscheinungen machen es vielmehr wahrscheinlich, dass eine dritte Form des *Rb*-Salzes existirt, welche mit dem *Ka*-Salze übereinstimmt.

Die optischen Eigenschaften sind folgende:

Triklines *Rb*-Salz: Axenebene ⊥ (001) bildet 20° mit Axe b, 63° mit Axe a; die + Mittellinie ist 20° zur Normalen von (001) nach (1$\bar{1}$1) hin geneigt; $2E = 107° 42'$, $\varrho < v$; wenig deutliche horizontale Dispersion (beide Axen durch (001) sichtbar).

Monoklines *Rb*-Salz: Axenebene und Mittellinie, wie beim isomorphen (NH_4)-Salz, ⊥ (010), 42° zur Verticalaxe im spitzen Winkel γ geneigt (eine frühere Angabe des Verf. war ungenau); $2V = 83° 16'$. Durch (001) der stumpfe Axenwinkel sichtbar. Sehr starke Doppelbrechung.

*) Diese Differenz würde übrigens vermindert, wenn die Axen a und b (also auch α und β) vertauscht würden, wobei die Aehnlichkeit des Habitus und die Uebereinstimmung der Spaltbarkeit gewahrt bliebe. Der Ref.

Triklines *Ka*-Salz: die zu (001) schiefe Axenebene bildet mit Axe *a* 19°, erste + Mittellinie sehr schief zu (001); durch letztere Fläche eine Axe in der Mitte des Gesichtsfeldes sichtbar.

		Spec. Gew.:	Mol. Vol.:
$Cr_2O_7Rb_2$	trikl.	3,125	124,3
$Cr_2O_7K_2$	-	2,670	110,7
$Cr_2O_7Rb_2$	monokl.	3,021	128,5
$Cr_2O_7(NH_4)_2$	-	2,150	118,0

Erhitzt man eine Spaltungsplatte des ersten dieser vier Salze, welche man u. d. M. in die Dunkelstellung gebracht hat, so verwandelt sie sich bei ca. 300° in ein Aggregat verschieden orientirter Theile, deren einige im conv. L. eine optische Axe in der Mitte des Gesichtsfeldes zeigen, ähnlich wie $Cr_2O_7K_2$. Das monokline *Rb*-Salz zerfällt beim Erhitzen in Pulver, welches keine optische Untersuchung gestattet. Schmilzt man ein wenig Rubidiumdichromat auf dem Objectträger, drückt ein Deckglas so auf, dass sich eine sehr dünne, blasenfreie Schmelzschicht bildet, und lässt langsam erkalten, so entstehen ziemlich grosse und vollkommen homogene Krystalle der triklinen Form, welche meist mit der herrschenden Fläche (001) aufliegen; bei niedrigerer Temperatur entstehen in diesen Sprünge nach (100) und (010). Erwärmt man dieselben wieder, so vollzieht sich die vorhin erwähnte Umwandlung in ein Aggregat, dessen Partien theilweise eine optische Axe senkrecht austretend zeigen. Der Verf. schliesst hieraus, dass hier eine dritte, mit dem Kaliumbichromat isomorphe, Form des Rubidiumsalzes entstehe, und somit ein Beispiel der zweiten Art des Polymorphismus vorliege, bei welchem eine Umwandlung unmöglich, und die andere nur schwer umkehrbar sei.

$Cr_2O_7K_2$: Eine dünne Spaltungslamelle zerfällt beim Erhitzen heftig in Stückchen, welche beim Abkühlen durch Rückumwandlung zu Pulver zerfallen. Aus dem Schmelzflusse (wie oben) entstehen ausserordentlich stark doppeltbrechende Krystalle, welche sich als solche einer dem Ammoniumsalze entsprechenden monoklinen Form deuten lassen. Beim Abkühlen findet eine plötzliche Umwandlung in eine weit schwächer doppeltbrechende Modification statt, welche der Verf. für die der oben beschriebenen stabilen (triklinen) Form des *Rb*-Salzes analoge hält, die aber unmittelbar darauf anfängt, sich in eine dritte umzuwandeln, welche im converg. L. eine Axe in der Mitte des Gesichtsfeldes zeigt (gewöhnliche trikline Form). Von den drei Modificationen würden demnach zwei, welche direct in einander übergehen, der ersten Gruppe des Polymorphismus angehören, zwei, da sie nur indirect in einander übergeführt werden können, der zweiten.

SO_4Na_2: Eine möglichst dünne und grosse Spaltungslamelle liefert gegen 200° ein Aggregat einer anderen optisch zweiaxigen, aber nicht näher definirbaren Modification, welche ziemlich stabil ist; über 200° entsteht aus dieser (bei raschem Erhitzen direct aus der ersten) eine dritte, ebenfalls recht stabile, wahrscheinlich rhombische pseudohexagonale mit sehr schwacher Doppelbrechung. Schmilzt man eine Quantität des Salzes in einem Tiegel und schleift aus der langsam erstarrten Schmelze Platten parallel der Erkaltungsfläche, so zeigen diese ein zweiaxiges Interferenzbild mit sehr schwacher negativer Doppelbrechung und $2E = 34°$, oft in drei um 120° gedrehten Stellungen. Platten parallel der Mittellinie zeigen senkrecht zu dieser Spaltungsrisse, und ihre Farben, bei $\frac{1}{2}$ mm noch zweiter Ordnung, nehmen beim Erhitzen rasch ab bis 500°, beginnen dann wieder zu steigen bis ungefähr zur ursprünglichen, während sie dann beim

weiteren Erhitzen constant bleiben (genau dieselben Vorgänge wiederholen sich rückwärts beim Abkühlen); die jetzt entstandene Modification ist einaxig negativ und entspricht jedenfalls der bei 650° aus der gewöhnlichen rhombischen und pseudohexagonalen Form entstehenden einaxigen Modification des Kaliumsulfates.

SO_4Li_2: krystallisirt wasserfrei aus dem Schmelzflusse, besonders gut bei Anwesenheit einer geringen Menge Schwefelsäure, die erstarrte Masse zerfällt durch das Entstehen glänzender Spaltungsflächen, welche jedoch an feuchter Luft bald matt werden. Diese entsprechen den monoklinen Formen {101} {10$\bar{1}$} {011}.

$$a : b : c = 1,0038 : 1 : 1,380; \beta = 87^\circ 52'.$$

	Beobachtet:	Berechnet:
(101):(10$\bar{1}$) =	*72° 4'	—
(101):(011) =	*69 6	—
($\bar{1}$01):(011) =	*70 30	—
(011):(0$\bar{1}$1) =	108 6	108° 6'
(110):(1$\bar{1}$0) =	—	90 10

Optische Axenebene ⊥ (010), durch ($\bar{1}$01) beide Axen sichtbar; 1. Mittellinie bildet mit ⊥ ($\bar{1}$01) 22° und mit Axe c 31° im spitzen Winkel β. $2V = 72^\circ 58'$, $\mu = 1,465$. Ziemlich schwache negative Doppelbrechung, geringe Dispersion $\varrho > v$. Spec. Gew. 2,221.

Wenn man irgend eine Spaltungsplatte von solcher Dicke, dass sie keine Farben mehr zeigt, erhitzt, so bleibt sie bis 500° unverändert, dann aber vermindert sich die Doppelbrechung plötzlich und es erscheinen Farben 1. Ordnung, bis endlich vollständige einfache Brechung eintritt; der vorher annähernd oktaëdrische Krystall ist regulär geworden. War die Erhitzung nicht viel weiter gegangen, so tritt einfache Rückverwandlung ein, anderenfalls beobachtet man häufig Inhomogenität durch bei der Abkühlung entstandene Zwillingsbildung nach (110), wobei die Zwillingspartien von Spaltungslamellen nach (101) oder (10$\bar{1}$) die optischen Eigenschaften von Platten nach {011} zeigen und umgekehrt. Während des Abkühlens beobachtet man, dass der Uebergang von der optisch isotropen Modification zur monoklinen durch eine dritte, sehr labile Form von äusserst schwacher positiver Doppelbrechung stattfindet, welche vielleicht der hexagonalen oder rhombischen Form des aus dem Schmelzflusse erstarrten Natriumsulfates entspricht.

Ref.: P. Groth.

35. L. Michel (in Paris): **Neues Cölestinvorkommen** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 319). — Ein neuerdings entdecktes Vorkommen von Cölestin von Brousseval bei Vassy (Haute-Marne) zeigt Krystalle von dreierlei Typen, deren erster der häufigste ist:

1) 3—4 cm lange, 1 cm dicke, durchsichtige, farblose oder bläuliche Comb. {011} {133}*) {102} {111} {110} {100}; die beiden ersten Formen vorherrschend, zu denen zuweilen nur noch die dritte hinzutritt.

*) Anm. d. Red. Der Verf. giebt keine Messungen an. In einer inzwischen an die Red. eingegangenen und im nächsten Hefte erscheinenden Arbeit des Herrn F. Stöber in Strassburg sind nun die Krystalle dieses Fundortes einer genauen krystallographischen Untersuchung unterzogen und nachgewiesen worden, dass die vorherrschende Pyramide nicht {133}, sondern {144} ist.

2) 2—3 mm lange Kryställchen, durchsichtig farblos oder milchweiss, mit {011} und {001} vorherrschend, ferner {102} {104} {111} und sehr klein {231} und {133} [bei erster Form giebt Verf. an (berechnet oder beobachtet?) (001):(231) = 76° 23′, die letztere muss heissen {144}; s. Anmerkung auf S. 285].

3) Tafelförmige, nach der Makrodiagonale verlängerte Formen vom Habitus derjenigen vom Eriesee, durchsichtig, farblos; Comb. {001} {102} {111}.

Ref.: P. Groth.

36. P. Termier (in St. Etienne): **Ueber den Leverrierit** (Bull. soc. fr. min. 1890, 13, 325). — In den Schieferthonen der Steinkohlenformation der Departements Loire und Gard findet sich als secundäre Bildung mit schwarzem Glimmer ein dem Pholerit ähnliches Mineral in $\frac{1}{2}$ mm dicken und mehreren mm langen gewundenen Prismen, welche unter dem Namen »Bacillarites« als fossile Thierformen beschrieben worden sind. Dieselben sind rhombische Combinationen {110} {010} mit glimmerähnlicher Spaltbarkeit nach {001}; (110):(1$\bar{1}$0) = 52° ca.; H. 1$\frac{1}{2}$; spec. Gew. 2,3—2,4. Opt. Axenebene (010); erste Mittelinie senkrecht zu (001); $2V = 45^0 — 52^0$, $\beta = 1,6$ ca.; Doppelbrechung negativ, 0,007—0,011. Farbe braun mit deutlichem Pleochroismus (a farblos). Zwillingsbildung nach (110) ähnlich wie beim Glimmer, seltener nach einem Doma. Zahlreiche Einschlüsse bedingen die dunkle Farbe. Die nicht genau übereinstimmenden Analysen führen auf die Formel $Si_3O_{16}Al_4H_8$ als die wahrscheinlichste (der Wassergehalt der nicht vollständig zu isolirenden Substanz schwankt von 13—17 %).

Mit diesem, Leverrierit genannten Mineral identificirt der Verf. primäre, ebenfalls mit Biotit associirte, fast farblose Krystalle von etwas höherer Doppelbrechung in den der Steinkohlenformation angehörigen Felsitporphyren von Mouriuet (Bois d'Avaize) und Saint-Jean de Valériscle (Gard).

Ref.: P. Groth.

37. A. Des Cloizeaux (in Paris): **Kupferkieskrystalle von Cuba** (Ebenda 335). — Die mit Pyrit und Quarz vorkommenden Krystalle zeigen ϰ{441} und ϰ{538} in einer, dem regulären, nach seiner Combinationskante mit dem Tetraëder stark gestreiften Deltoiddodekaëder ähnlichen Combination.

	Beobachtet:	Berechnet:
(538):(358)	= 43° ca.	43° 11′
(538):(441)	= 44	43 30
(538):($\bar{5}\bar{3}$8)	= 75	75 19
(538):(5$\bar{3}\bar{8}$)	= 92—93°	92 32
(441):($\bar{4}\bar{4}$1)	= —	159 39

Zuweilen sind die Flächen des steilen Sphenoids herrschend wie an dem von Chester (s. diese Zeitschr. 18, 513 Fig. 3). Zwillinge wurden nicht beobachtet.

Ref.: P. Groth.

38. J. Morel (in Lyon): **Dimorphismus des Bleinitrat** (Ebenda 337). — Aus Lösungen des Salzes, welche etwas freie rauchende Salpetersäure enthalten, [illegible]den sich zuweilen beim Abkühlen auf 0° bis 2 mm grosse Krystalle einer [illegible]en, monoklinen Form. Dieselben sind rhomboëderähnliche Combinationen [illegible] {001} mit kleinen Flächen von {011}.

$$a : b : c = 0,7858 : 1 : 2,7185;\ \beta = 70^0 22'.$$

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0)$ =	*73° 0′	—
$(110):(001)$ =	*74 20	—
$(001):(011)$ =	*68 20	—
$(110):(011)$ =	49 10	49° 18′
$(\bar{1}10):(011)$ =	62 30	62 50

Diese Form ist sehr ähnlich derjenigen des Kaliumchlorats und diesem entspricht eine analoge Modification des Natriumchlorats, welches, wie das Bleinitrat, unter gewöhnlichen Umständen regulär tetartoëdrisch krystallisirt.

Ref.: P. Groth.

39. Derselbe: Ueber ein Hydrat des Kaliumchlorostannat (Ebenda 339). — Unter 25° liefern die Lösungen des Salzes rhombische Krystalle der Verbindung $SnCl_6K_2 . H_2O$.

$$a : b : c = 0,6843 : 1 : 0,7588.$$

Beobachtete Formen: {110} {101} {100}.

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0)$ =	*60° 0′	—
$(101):(100)$ =	*42 10	—
$(101):(110)$ =	52 20	52° 23′

Ref.: P. Groth.

40. H. Dufet (in Paris): **Bestimmung der optischen Orientirung und Axendispersion in triklinen Krystallen. Anwendung auf das Kaliumbichromat** (Ebenda 341). — Wenn man eine Krystallplatte im Axenwinkelapparat so orientirt, dass das Bild einer optischen Axe durch die Mitte des Gesichtsfeldes geht und sie mit einer stärker brechenden Flüssigkeit umgiebt, welche sich in einer vorn eben geschliffenen, cylindrischen Cuvette von mattem Glase befindet, so kann man ausser der Axe auch die beiden Grenzen der totalen Reflexion einstellen und dadurch die Normale der Platte bestimmen. Meist zeigt eine beliebige Platte eines triklinen Krystalles unter diesen Umständen den Austritt zweier Axen und gestattet also den Winkel einer jeden zur Plattennormale zu messen. Kennt man den mittleren Brechungsexponenten und den wahren Axenwinkel der Substanz, so kann man für eine Platte von bestimmter krystallographischer Orientirung aus jenen Messungen den wahren Winkel jeder Axe mit der Plattennormale und daraus denjenigen der optischen Elasticitätsaxen mit derselben berechnen. Zur vollständigen optischen Orientirung genügt es, an einer zweiten Platte von bekanntem Winkel zur ersten, ebenso die Neigung einer optischen Axe zu messen. Wie aus einer stereographischen Projection leicht zu ersehen, ist dann die erforderliche Zahl von Grössen zur Berechnung der Richtungen der optischen Elasticitätsaxen gegeben. Die Werthe des mittleren Brechungsindex und des wahren Axenwinkels findet man mittelst einer ungefähr senkrecht zur ersten Mittellinie geschliffenen Platte durch Messung der Totalreflexion der (bei horizontaler Trace der Axenebene im Gesichtsfelde) senkrecht schwingenden Strahlen und des Winkels jeder der beiden Axen mit der Plattennormale und mit einander.

Die Methode wandte der Verf. auf das Kaliumbichromat an und benutzte

dabei als Immersionsflüssigkeit mit Schwefel gesättigtes Methylenjodür, dessen Brechungsexponent zwar von 1,7795 bis 1,7815 schwankte, aber bei jedem Versuche durch Messung einer eingetauchten Calcit- oder Quarzplatte controlirt wurde. Es ergab sich für D: $2V = 51^0 53'$, $\beta = 1,7380$, mit welchem Werthe der direct gefundene für $2E = 98^0 58'$ genau übereinstimmt, derselbe ändert sich nicht wesentlich mit der Temperatur. Durch Zählung der Interferenzcurven in mehreren Platten senkrecht zur ersten Mittellinie wurde die Differenz $\alpha - \beta$, daraus $\alpha = 1,7202$ und mit Hülfe von V endlich $\gamma = 1,8197$ hergeleitet. Zur optischen Orientirung dienten Spaltungsplatten nach (001), (100) und (010), von denen die letzten ihrer geringeren Vollkommenheit wegen nur zur Controle benutzt wurden. Beobachtet: $(001):(100) = 83^0 37'$, $(001):(010) = 81^0 49'$, $(100):(010) = 88^0 13'$. Durch (001) tritt eine Axe nahe senkrecht aus, die optische Axenebene ist fast senkrecht zu (010) und liegt im stumpfen Winkel (001):(100). Der Pol der ersten Mittellinie liegt zwischen den Polen (001) (100) $(0\bar{1}0)$, der der zweiten zwischen (001) (100) (010) und fast in der Zone (001):(010). Mögen a_1 und a_2 die Pole der beiden optischen Axen sein, A die erste Mittellinie (kleinste Elasticität), O die zweite Mittellinie, M die Axe der mittleren Elasticität, a, b, c die Krystallaxen, (001) der Pol dieser Fläche u. s. f., so ergab sich:

	Beobachtet:	Berechnet:
$a_1 : (001) =$	$^*7^0 57'$	—
$a_2 : (001) =$	$^*48\ 23$	—
$a_1 : (100) =$	$76\ 52$	$76^0 49'$
$a_2 : (100) =$	$^*79\ 59$	—
$a_1 : (010) =$	$77\ 37$	$77\ 42\frac{1}{2}$
$a_2 : (0\bar{1}0) =$	$50\ 29$	$50\ 26$
Erste Mittellinie:		
$A : (001) =$	$23^0\ 4\frac{2}{3}'$	$Ac = 19^0 17'$
$A : (100) =$	$77\ \ 4\frac{2}{3}$	$Aa = 82\ 39\frac{1}{2}$
$A : (0\bar{1}0) =$	$76\ 21\frac{1}{2}$	$Ab = 68\ 12\frac{1}{3}$
Zweite Mittellinie:		
$O : (001) =$	$68^0\ 6\frac{1}{3}'$	$Oc = 76^0 24\frac{1}{3}'$
$O : (100) =$	$86\ 27$	$Oa = 89\ 32\frac{1}{3}$
$O : (010) =$	$13\ 43$	$Ob = 21\ 56$
Normal zur Axenebene:		
$M : (00\bar{1}) =$	$83^0\ 3\frac{1}{3}'$	$M\bar{c} = 76^0 58\frac{2}{3}'$
$M : (100) =$	$13\ 25$	$Ma = \ 7\ 22$
$M : (010) =$	$88\ 33\frac{2}{3}$	$Mb = 88\ 28\frac{1}{3}$

Die Dispersion der optischen Axen ist $\varrho > v$, für beide etwa gleich, aber für a_1 liegen die Axenebenen der verschiedenen Farben wenig verschieden, für a_2 dagegen sind sie stark dispergirt. Zur genauen Bestimmung der Dispersion für die von dem Salze durchgelassenen Farben (etwa bis zur Mitte zwischen Na und Tl) wurden an einer Spaltungslamelle (001) für a_1 und einer nahe senkrecht zu a_2 geschnittenen Platte in Bromnaphtalin mit dem Axenwinkelapparate für homogenes Licht je zwei auf einander senkrechte Coordinaten i und h jeder Axe (die Position der Axe für Na gleich Null gesetzt) gemessen und aus diesen scheinbaren Werthen die wahren berechnet, nachdem β für $Li = 1,7209$ und aus diesem und dem

Werthe für *Na* die der übrigen nach der einfachsten Dispersionsformel hergeleitet worden waren. Die Resultate waren folgende:

	λ	i_1	h_1	i_2	h_2	$2V$
	700	—21′ 35″	—4′ 0″	—17′20″	—63′ 0″	52°32′10″
B	687	—19 40	—4 30	—16 20	—56 10	52 29 15
Li	670	—16 50	—5 0	—11 30	—45 30	52 24 30
C	656	—14 20	—5 10	—12 45	—37 10	52 20 10
α	628	— 9 35	—4 50	— 9 15	—21 10	52 11 50
	610	— 5 30	—3 15	— 5 50	—11 0	52 4 20
D	599	—	—	—	—	(51 53 0)
	580	+ 2 30	+2 30	+ 3 40	+ 3 55	51 46 50
	570	+ 5 10	+6 25	+ 8 10	+ 7 30	51 39 40

Daraus folgen die Dispersionen der drei Elasticitätsaxen, wie im Vorausgehenden von denjenigen für *Na* aus gerechnet. Dieselben sind in der folgenden Tabelle bestimmt durch die sphärischen Coordinaten *J*, *H* resp. *P*, *Q* nach den optischen Hauptschnitten, welche durch die betreffende Elasticitätsaxe für *Na* gehen.

		Erste Mittellinie.		Zweite Mittellinie.		Axe mittl. Elastic.	
	λ	J_a	H_a	J_o	H_o	P	Q
	700	+2′15″	—37′20″	—1′30″	+66′40″	—66′40″	+37′20″
B	687	+1 45	—33 50	—1 10	+58 25	—58 25	+33 50
Li	670	+1 15	—28 10	—0 50	+45 50	—45 50	+28 10
C	656	+0 50	—23 35	—0 35	+36 20	—36 20	+23 35
α	628	+0 10	—14 30	—0 10	+18 30	—18 30	+14 30
	610	—0 10	— 8 5	+0 10	+ 8 50	— 8 50	+ 8 5
D	589	0	0	0	0	0	0
	580	+0 35	+ 3 35	—0 35	— 1 35	+ 1 35	— 3 35
	570	+1 30	+ 7 45	—1 30	— 1 15	+ 1 15	— 7 45

Ref.: P. Groth.

41. F. Gonnard (in Lyon): **Ueber eine rechtwinklige Verwachsung am Baryt von Champeix (Puy-de-Dôme)** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 354). — Der Verf. beobachtete mit einem Krystall dieses bekannten Vorkommens, welcher die Comb. {102} {110} {001} zeigte, drei kleinere in folgenden Stellungen verwachsen: 1) dieselbe Combination mit parallelen (001), aber die Axen *a* und *b* vertauscht; 2) Comb. {011} {001}, Axe *a* ‖ dem Hauptkrystall, Axen *b* und *c* vertauscht; 3) dieselbe Combination wie 1) aber rechtwinklig zu diesen, d. h. Axe *a* ‖ Axe *b* des Hauptkrystalls, Axe *c* ‖ Axe *a* des letzteren. [Messungen werden nicht angegeben.]

Ref.: P. Groth.

42. E. Jannettaz (in Paris): **Ueber den Orthoklas im Basalt von Royat** (Ebenda 372). — In dem Gestein des Puy Montaudoux bei Royat (unweit Clermont-Ferrand), einem normalen Feldspathbasalt, finden sich hier und da wasserhelle Feldspathtafeln, manchmal durch eine grünliche Kruste von dem umgebenden Gestein getrennt und von theils ebenen, theils unregelmässigen Rissen durchzogen, welche, wie der Basalt selbst auf seinen Hohlräumen, Carbonate enthalten. Die Analyse der von letzteren befreiten Feldspathsubstanz ergab:

		O
SiO_2	66,83	35,64
Al_2O_3	19,20	8,96
CaO	0,60	0,17
K_2O	6,29	1,07
Na_2O	6,80	1,75
	99,72	

Spec. Gew. 2,55—2,62. Der Winkel der Spaltungsflächen wurde zu nahe 90° gemessen. Platten nach (001) zeigen grossentheils gerade Auslöschungen, andere dagegen Zwillingslamellen mit einer Schiefe der Schwingungsrichtung von 3° oder Gemenge solcher Partien mit einfachen; auf (010) zeigen die entsprechenden Partien 5°—6°, resp. 1° Auslöschungsschiefe. Eine Axenplatte des homogenen Theiles ergab $2E = 34\frac{1}{2}°$ roth, $33\frac{1}{4}°$ blau, während die nicht einfachen Theile grössere Werthe lieferten.

Ref.: P. Groth.

43. A. Offret (in Lyon): **Aenderung der Brechungsexponenten einiger Mineralien durch die Temperatur** (Bull. soc. fr. min. 1890, **13**, 405—697). — Die vorliegende umfangreiche Untersuchung, im Laboratorium des Herrn Fouqué in Paris begonnen und am jetzigen Wohnorte des Verf. vollendet, hatte den Zweck, die bisher noch kleine Anzahl von Beobachtungen über den Einfluss der Wärme auf die Brechungsindices zu vermehren und auf eine grössere Anzahl von Mineralien, sowie auf den ganzen sichtbaren Theil des Spectrums und ein grösseres Temperaturintervall (bis 330°) auszudehnen. Es wurde die Prismenmethode angewandt, und diente zu den Messungen ein Brunner'sches Goniometer, dessen Nonien 10″ gaben und 5″ schätzen liessen. Zur Messung des Winkels der Prismenflächen wurde das Oxyhydrogen-Licht einer Molteni'schen Laterne in die Axe des Fernrohrs (Vergröss. 6) reflectirt und das von der Prismenfläche zurückgeworfene Bild des durch eine gleiche Lampe beleuchteten Doppelfadenkreuzes mit diesem selbst zur Deckung gebracht. Als Lichtquellen bei der spectrometrischen Beobachtung diente der durch einen grossen Ruhmkorff und eine Leydener Flasche verstärkte Inductionsfunke zwischen zwei Cadmiumspitzen, sowie eine Natrium- und Lithiumflamme, deren Helligkeit dadurch verstärkt wurde, dass das Leuchtgas unter starkem Druck aus einem eigenen Gasometer ausströmen gelassen wurde. So konnten folgende Wellenlängen benutzt werden:

R_{Li}	R_{Cd}	D	V_{1Cd}	V_{2Cd}	Bl_{Cd}
0,67057	0,64370	0,5888	0,53771	0,50844	0,47986

Zur Erzielung möglichst constanter höherer Temperatur wurde das Prisma mit einer dreifachwandigen Cuvette von Kupfer umgeben, welche von einer Schicht von Kork resp. da, wo die Erhitzung zu stark wird, von Asbest und von Retortenkohle umhüllt wurde. Unter geeigneten Winkeln führten durch planparallele Gläser geschlossene Metallröhren in das Innere (für den Durchgang der Lichtstrahlen), während der Deckel drei Durchbohrungen trug; die centrale führte nur durch die äusserste der drei Wände und enthielt eine kleine, nach unten gerichtete und durch ein Damoiseau'sches Gebläse mit constantem Druck und durch eine ebenfalls constant gehaltene Leuchtgaszufuhr gespeiste Stichflamme, deren heisse Verbrennungsgase auf den zweiten Deckel aufschlagend und sich ringsum ausbreitend zwischen der äusseren und der zweiten Cuvettenwand herab stiegen, in einer weiten Oeffnung in der Mitte des Bodens der letzteren in den Zwischen-

raum zwischen ihr und der dritten innersten gelangten, diese aufwärts steigend von allen Seiten umspülten und dann durch eine der beiden anderen Durchbohrungen des Deckels, welche ein Knierohr trug, entwichen. Die dritte Durchbohrung endlich communicirte mit dem Innenraum der Cuvette und enthielt das Thermometer, dessen Scala von 15° aufwärts durch umgebendes fliessendes Leitungswasser auf niedriger Temperatur gehalten wurde. Im Innenraum befand sich das zu untersuchende Prisma durch eine Schraube fixirt auf einem durch drei Stellschrauben justirbaren Tischchen, welches auf einem grösseren befestigt war, dessen Platte genau in den cylindrischen Theil der innersten Cuvettenwand passte und somit den Innenraum von unten her vollständig abschloss. Diese Platte ruhte mit drei Füssen auf einer zweiten grösseren, welche genau ebenso den Abschluss der äussersten Cuvettenwand bildete, während die zweite für den Durchgang der Heizgase unten offen blieb. Das Prisma wurde nun in freier Luft so gut wie möglich centrirt und justirt, und dann erst die Cuvette aufgesetzt. Um alsdann noch kleine Aenderungen in der Centrirung und Justirung vornehmen zu können und zugleich die Wärmeleitung von der Cuvette nach dem Theilkreise zu verhindern, war die unterste Abschlussplatte nicht nur mit Kork gedeckt, sondern auch durch Metallfüsse mit einer runden Marmorplatte verbunden, und diese mit einem darunter befindlichen niedrigen Kupfercylinder, welcher zwei Centrirschlitten enthielt, endlich ruhte dieser auf einer Tischplatte, welche durch drei Stellschrauben die Justirung gestattete. Dann folgte erst der horizontale Theilkreis. Drehte man dessen Axe, so drehte sich die ganze Cuvette mit und zwar um die central angebrachte Heizflamme. Vor der Beobachtung wurde diese so regulirt, dass allmählich die gewünschte Temperatur erreicht wurde, und erst, nachdem letztere eine Stunde lang constant geblieben war, die Messung begonnen.

In Folge der hellen Beleuchtung des Fadenkreuzes war jede einzelne Einstellung, welche bei der Reflexion stets 4—5 Mal wiederholt wurde, auf etwa 5″ genau, und es ergab sich, dass der hierdurch bewirkte Fehler eines Brechungsexponenten sehr selten den Werth 0,00003 überstieg. Die planparallelen Gläser, welche die Röhren für den Durchgang des Lichtes abschlossen, brachten, wie festgestellt wurde, keinen nennenswerthen Fehler hervor, denn wenn auch nur bei einem bestimmten mittleren Werthe des brechenden Winkels die einen und der Ablenkung die anderen senkrecht von den Lichtstrahlen durchsetzt wurden, so ergab sich doch für die grösste Schiefe der letzteren und eine Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen von 300° nur eine Brechung von 2″. Uebrigens wurde der brechende Winkel jedes Prismas, entsprechend seiner Brechbarkeit, so gewählt, dass die Strahlen möglichst durch die Mitte der Fenster, resp. die reflectirten und die gebrochenen ungefähr gleich geneigt hindurchgingen. Um die erwähnte Genauigkeit der Messung nicht zu verringern, durften die Temperaturbestimmungen nicht um mehr als 1° ungenau sein. Es wurden daher sehr eingehende Prüfungen der angewandten Thermometer und der Constanz der Temperaturen im Inneren der Cuvette vorgenommen und nachgewiesen, dass die corrigirten und auf die Normalscala eines Wasserstoffthermometers reducirten Werthe den jedesmaligen Temperaturen der Prismen bis auf ca. 1° entsprachen.

Dadurch, dass von jeder untersuchten zweiaxigen Substanz drei Prismen (brech. Kante je einer Elasticitätsaxe parallel und symmetrisch zu den beiden anderen), von den einaxigen deren zwei angefertigt wurden, erfolgte die Bestimmung jedes Hauptbrechungsexponenten doppelt. Was die Genauigkeit der Orientirung dieser Prismen betrifft, so lässt sich theoretisch nachweisen, dass die durch

Fehler derselben, welche 1° nicht übersteigen, hervorgebrachten Differenzen der Brechungsindices vernachlässigt werden können. Zur Controle dieser Orientirung wurden aus den zu untersuchenden Mineralien zuerst rechtwinkelige Parallelepipede parallel den optischen Hauptschnitten angefertigt und diese im convergenten monochromatischen Lichte auf den genau symmetrischen Austritt der Interferenzcurven geprüft. Unter den von Herrn **Werlein** hergestellten Parallelepipeden zeigte keines Fehler der Orientirung, welche 1° erreichten, und die Winkel der unabhängig von einander hergestellten Flächen betrugen meist bis auf wenige Minuten 90°. Aus diesen Parallelepipeden wurden alsdann durch Abschleifen zweier symmetrischer keilförmiger Stücke die Prismen in der erforderlichen Genauigkeit der Orientirung hergestellt. Die schwache Doppelbrechung der untersuchten monoklinen und triklinen Krystalle machte auch die Einwirkung der Temperatur auf die optische Orientirung bedeutungslos, wie die Uebereinstimmung der Messungen an verschieden orientirten Prismen bewies. Sehr grosse Sorgfalt wurde darauf verwendet, die polirten Flächen der Prismen möglichst eben zu gestalten, so dass die durch Krümmung derselben hervorgebrachten Fehler jedenfalls kleiner waren, als die aus anderen Ursachen herrührenden.

Für den mit der Temperatur veränderlichen Winkel A jedes Prismas wurde aus den bei verschiedenen Temperaturen vorgenommenen Messungen eine Formel, im Allgemeinen von der Form $A = a + \beta t + \gamma t^2$, berechnet, welche den Winkel für eine beliebige Temperatur auf ca. 2″ genau ergab. Aus dieser folgten dann die relativen Ausdehnungscoëfficienten, d. h. die Grössen

$$\frac{1+d_a}{1+d_b} \qquad \frac{1+d_b}{1+d_c} \qquad \frac{1+d_c}{1+d_a},$$

worin d_a, d_b, d_c die absoluten Ausdehnungscoëfficienten nach den drei thermischen Axen, falls die Prismen zu diesen symmetrisch waren; diese Grössen wurden berechnet für $t = 100°, 200°, 300°$. Die Abhängigkeit, in welcher der Brechungsindex von der Temperatur und zugleich von der Wellenlänge steht, wurde ausgedrückt durch eine Formel von der Gestalt:

$$n = A(1 + \alpha t + \beta t) + \left(\frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}\right)(1 + \sigma t + \delta t^2),$$

welche den beobachteten Werthen bis auf 3—4 Einheiten der 5. Decimale entsprach. Die für die warme Luft der Cuvette gefundenen Brechungsexponenten wurden auf den leeren Raum reducirt mittelst der auf den Messungen von **Chappuis** und **Rivière** beruhenden Formel:

$$N = n\left(1 + \frac{0{,}0002879\left(1 + 0{,}0058\,\frac{1}{\lambda^2}\right)H}{(1 + 0{,}00367\,t)\,760}\right)$$

(H = mittl. Druck in der Höhe des Beobachtungsortes).

Beryll von unbekanntem Fundorte, farblos, normal einaxig. Reducirte Werthe N:

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
0°	$\omega =$	1,57118	1,57206	1,57423	1,57681	1,57860	1,58062
100		1,57234	1,57323	1,57542	1,57801	1,57982	1,58185
200		1,57363	1,57452	1,57673	1,57934	1,58116	1,58321
300		1,57498	1,57589	1,57811	1,58075	1,58258	1,58465

0⁰	$\varepsilon =$	1,56626	1,56712	1,56923	1,57175	1,57352	1,57553
100		1,56731	1,56818	1,57032	1,57288	1,57468	1,57672
200		1,56847	1,56935	1,57151	1,57410	1,57591	1,57796
300		1,56974	1,57062	1,57277	1,57536	1,57717	1,57923

Darnach werden beide Indices mit steigender Temperatur grösser; der mittlere Coëfficient dieser Aenderung für 100⁰ beträgt für $\omega = 0,00129$, für $\varepsilon = 0,00118$. Die Dispersion, bei 0⁰ im Mittel 0,00944 resp. 0,00927, steigt zwischen 0⁰ und 300⁰ um 0,00023 resp. 0,00022. Die Doppelbrechung für D, bei $0^0 = 0,00500$, nimmt für 100⁰ zu um 0,00011. Wenn die absoluten Ausdehnungscoëfficienten ∥ und ⊥ zur Axe a und b sind, so folgt aus den Winkelmessungen das Verhältniss:

$$\frac{1+b}{1+a} = 1,000248 \text{ für } 0^0—100^0$$
$$1,000498 \quad - \quad 100—200$$
$$1,000743 \quad - \quad 200—300$$

Während letztere Zahlen sehr gut mit den früheren Beobachtungen übereinstimmen, zeigen die Brechungsindices verschiedener bisher untersuchter Berylle nicht unbeträchtliche Differenzen von einander und von obigen.

Phenakit vom Ural, vollkommen wasserhell. Brechungsindices, auf den leeren Raum reducirt:

T		R_{Li}	R_{Ca}	D	V_1	V_2	Bl
0⁰	$\omega =$	1,65085	1,65182	1,65419	1,65697	1,65888	1,66102
100		1,65181	1,65279	1,65517	1,65798	1,65991	1,66205
200		1,65286	1,65385	1,65626	1,65908	1,66104	1,66321
300		1,65401	1,65501	1,65744	1,66031	1,66227	1,66445
0⁰	$\varepsilon =$	1,66664	1,66762	1,67002	1,67285	1,67481	1,67700
100		1,66761	1,66860	1,67101	1,67386	1,67582	1,67802
200		1,66868	1,66967	1,67210	1,67497	1,67696	1,67917
300		1,66983	1,67083	1,67328	1,67617	1,67818	1,68040

Also auch hier Zunahme beider Indices mit der Temperatur; mittlere Aenderung für 100⁰ bei beiden 0,00108. Dispersion im Mittel bei 0⁰ für $\omega = 0,01036$, $\varepsilon = 0,01017$, deren Zunahme bis $300^0 = 0,00021$ resp. 0,00027. Die Doppelbrechung ändert sich nicht merklich. Da das untersuchte Prisma parallel der Axe geschliffen war, konnten keine Ausdehnungscoëfficienten bestimmt werden.

Calcit von Island. Resultate für das Prisma Nr. 2:

T		R_{Li}	R_{Ca}	D	V_1	V_2	Bl
0⁰	$\omega =$	1,65421	1,65554	1,65885	1,66289	1,66577	1,66910
100		1,65426	1,65559	1,65892	1,66297	1,66587	1,66921
200		1,65436	1,65570	1,65904	1,66311	1,66602	1,66938
300		1,65448	1,65583	1,65919	1,66328	1,66619	1,66957
0	$\varepsilon =$	1,48457	1,48518	1,48669	1,48854	1,48986	1,49138
100		1,48562	1,48623	1,48777	1,48964	1,49097	1,49252
200		1,48671	1,48733	1,48889	1,49079	1,49214	1,49371
300		1,48783	1,48846	1,49004	1,49196	1,49333	1,49492

Die Zunahme der Indices mit der Temperatur ist ausserordentlich verschieden, 0,00009 resp. 0,00111 im Mittel für 100°. Die Dispersion, welche für ω 0,01488, für ε nur 0,00681 beträgt, nimmt trotzdem für beide ungefähr gleichartig mit der Temperatur zu, bis 300° nämlich um 0,00020 resp. 0,00028. Die Doppelbrechung wird dagegen kleiner, für 1° im Mittel um 0,00001.

Die gefundenen Werthe der Brechungsexponenten stimmen am genauesten überein mit den neuerdings von Carvallo (Thèse No. 681, Paris 1890) bei 22° gefundenen Werthen: $\omega = 1,65840$ (1,65837 ber.), $\varepsilon = 1,48653$ (1,48650 ber.). Ebenso sind die beobachteten Aenderungen durch die Temperatur in Uebereinstimmung mit den früheren Resultaten von Fizeau und Vogel, und das Gleiche gilt für die Ausdehnungscoëfficienten, denn die Beobachtungen des Verf. ergaben für 0°—100° $(1 + a) : (1 + b) = 1,003177$, während Fizeau 1,003169 und Benoit 1,003177 fand. Für 0°—200° fand der Verf. 1,006521; für 0°—300°: 1,010167.

Aragonit von Bilin.

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 1.							
0°	$\alpha =$	1,52842	1,52908	1,53071	1,53270	1,53412	1,53576
100		1,52699	1,52765	1,52929	1,53129	1,53273	1,53437
200		1,52560	1,52626	1,52792	1,52993	1,53137	1,53303
300		1,52424	1,52491	1,52657	1,52860	1,53004	1,53172
Prisma Nr. 2.							
0°	$\alpha =$	1,52839	1,52905	1,53068	1,53267	1,53410	1,53574
100		1,52696	1,52762	1,52927	1,53128	1,53272	1,53437
200		1,52557	1,52623	1,52790	1,52993	1,53139	1,53306
300		1,52420	1,52488	1,52656	1,52862	1,53008	1,53178
Prisma Nr. 1.							
0°	$\beta =$	1,67752	1,67879	1,68194	1,68579	1,68854	1,69171
100		1,67508	1,67635	1,67950	1,68336	1,68611	1,68928
200		1,67239	1,67387	1,67703	1,68089	1,68365	1,68684
300		1,67004	1,67132	1,67050	1,67837	1,68114	1,68433
Prisma Nr. 3.							
0°	$\beta =$	1,67773	1,67899	1,68214	1,68597	1,68871	1,69187
100		1,67532	1,67658	1,67973	1,68358	1,68632	1,68949
200		1,67276	1,67403	1,67718	1,68104	1,68379	1,68696
300		1,67003	1,67130	1,67447	1,67833	1,68109	1,68427
Prisma Nr. 2.							
0°	$\gamma =$	1,68200	1,68330	1,68653	1,69047	1,69328	1,69653
100		1,67927	1,68057	1,68382	1,68778	1,69061	1,69388
200		1,67650	1,67782	1,68109	1,68507	1,68792	1,69120
300		1,67368	1,67500	1,67829	1,68231	1,68517	1,68848
Prisma Nr. 3.							
0°	$\gamma =$	1,68223	1,68352	1,68676	1,69070	1,69352	1,69677
100		1,67947	1,68077	1,68401	1,68796	1,69079	1,69405
200		1,67663	1,67793	1,68117	1,68515	1,68798	1,69124
300		1,67368	1,67499	1,67825	1,68222	1,68506	1,68833

Wie ersichtlich zeigen die an verschiedenen Prismen bestimmten Werthe z. Th. etwas grössere Differenzen, als die möglichen Beobachtungsfehler, daher kleine Verschiedenheiten des Materials anzunehmen sind. Sie liegen übrigens zwischen den von Rudberg und Mülheims gefundenen, welche noch mehr von einander abweichen. Alle drei Indices nehmen mit steigender Temperatur ab und zwar α um 0,00138, β um 0,00248, γ um 0,00274 i. M. für 100⁰. Die Dispersion, welche beträgt:

für α 0,00734, für β 0,01419, für γ 0,01453,

wird noch grösser in der Wärme; die Zunahme bis 300⁰ ist:

für α 0,00014, für β 0,00020, für γ 0,00027.

Die ebenfalls sehr hohe Doppelbrechung (bei 0⁰ für D):

$$\gamma - \alpha = 0,15585, \quad \gamma - \beta = 0,00462, \quad \beta - \alpha = 0,15123$$

nimmt ab für 100⁰ um:

0,00137 0,00028 0,00188.

Die berechneten Werthe des optischen Axenwinkels zeigen für $2V$ eine Abnahme um 1⁰30′ von 0⁰ bis 300⁰. Den Axen der grössten, mittleren und kleinsten optischen Elasticität entspricht die grösste (d_a), kleinste (d_c) und mittlere (d_b) Ausdehnung durch die Wärme. Die Messungen der Prismenwinkel ergaben:

	Prisma Nr. 1: $\frac{1+d_b}{1+d_c}$	Prisma Nr. 2: $\frac{1+d_c}{1+d_a}$	Prisma Nr. 3: $\frac{1+d_a}{1+d_b}$
0⁰—100⁰	1,000645	0,997612	1,001757
0 —200	1,001690	0,994886	1,003593
0 —300	1,002837	0,991840	1,005498

Baryt von Dufton Fell, Westmoreland.

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 1.							
0⁰	$\alpha =$	1,63376	1,63466	1,63690	1,63964	1,64159	1,64385
100		1,63171	1,63251	1,63484	1,63756	1,63951	1,64175
200		1,62971	1,63061	1,63286	1,63559	1,63754	1,63979
300		1,62774	1,62865	1,63092	1,63369	1,63568	1,63796
Prisma Nr. 2.							
0⁰	$\alpha =$	1,63384	1,63473	1,63697	1,63970	1,64164	1,64389
100		1,63160	1,63251	1,63476	1,63750	1,63946	1,64173
200		1,62951	1,63042	1,63269	1,63545	1,63743	1,63970
300		1,62755	1,62846	1,63073	1,63351	1,63549	1,63778
Prisma Nr. 1.							
0⁰	$\beta =$	1,63492	1,63583	1,63808	1,64083	1,64279	1,64505
100		1,63304	1,63395	1,63620	1,63898	1,64096	1,64324
200		1,63124	1,63215	1,63443	1,63721	1,63919	1,64148
300		1,62945	1,63037	1,63265	1,63544	1,63743	1,63973

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 3.							
0°	$\beta =$	1,63484	1,63575	1,63802	1,64079	1,64277	1,64505
100		1,63304	1,63394	1,63622	1,63898	1,64095	1,64323
200		1,63126	1,63217	1,63445	1,63722	1,63971	1,64149
300		1,62949	1,63040	1,63271	1,63550	1,63751	1,63981
Prisma Nr. 2.							
0°	$\gamma =$	1,64587	1,64682	1,64917	1,65204	1,65408	1,65645
100		1,64313	1,64408	1,64642	1,64929	1,65133	1,65369
200		1,64056	1,64151	1,64386	1,64673	1,64878	1,65115
300		1,63813	1,63909	1,64145	1,64434	1,64640	1,64878
Prisma Nr. 3.							
0°	$\gamma =$	1,64579	1,64673	1,64906	1,65191	1,65394	1,65628
100		1,64314	1,64408	1,64643	1,64929	1,65133	1,65369
200		1,64055	1,64149	1,64385	1,64673	1,64878	1,65114
300		1,63801	1,63895	1,64131	1,64419	1,64625	1,64862

Diese Resultate stimmen am besten überein mit den von Mülheims bei gewöhnlicher Temperatur gewonnenen. Die Abnahme der drei Indices mit der Temperatur beträgt im Mittel für 100°: $\alpha = 0{,}00199$, $\beta = 0{,}00177$, $\gamma = 0{,}00257$. Die Dispersion:

$$\alpha = 0{,}01009 \qquad \beta = 0{,}01020 \qquad \beta = 0{,}01057$$

erfährt zwischen 0° und 300° eine Vermehrung um

$$0{,}00013 \qquad 0{,}00012 \qquad 0{,}00008.$$

Die Doppelbrechung beträgt bei 0° für D:

$$\gamma - \alpha = 0{,}01220 \qquad \gamma - \beta = 0{,}01104 \qquad \beta - \alpha = 0{,}00118.$$

Die Coëfficienten ihrer Aenderung von 0° bis 300° sind:

$$-\,0{,}0000049 \qquad -\,0{,}0000081 \qquad +\,0{,}0000018.$$

Die berechneten Werthe von $2V$ zeigen von 0° bis 300° eine Zunahme von 12°. Die Axen der grössten, mittleren und kleinsten Elasticität entsprechen den Ausdehnungscoëfficienten d_c, d_b und d_a.

	Prisma Nr. 1: $\frac{1+d_b}{1+d_a}$	Prisma Nr. 2: $\frac{1+d_a}{1+d_c}$	Prisma Nr. 3: $\frac{1+d_c}{1+d_b}$
0°—100°	0,998923	1,001029	0,999944
0 —200	0,998021	1,001959	0,999838
0 —300	0,997232	1,002789	0,999681

Topas von Minas Geraës, Brasilien.

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 1.							
0°	$\alpha =$	1,62806	1,62892	1,63103	1,63353	1,63528	1,63725
100		1,62865	1,62952	1,63165	1,63419	1,63596	1,63795
200		1,62941	1,63029	1,63245	1,63502	1,63681	1,63883
300		1,63032	1,63121	1,63339	1,63599	1,63779	1,63984

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 2.							
0°	$\alpha =$	1,62776	1,62862	1,63071	1,63322	1,63497	1,63697
100		1,62838	1,62924	1,63136	1,63389	1,63567	1,63769
200		1,62917	1,63004	1,63218	1,63473	1,63653	1,63857
300		1,63012	1,63099	1,63315	1,63573	1,63754	1,63959
Prisma Nr. 2.							
0°	$\beta =$	1,62908	1,62993	1,63202	1,63451	1,63625	1,63821
100		1,62984	1,63070	1,63281	1,63532	1,63708	1,63906
200		1,63075	1,63162	1,63375	1,63629	1,63806	1,64007
300		1,63179	1,63267	1,63483	1,63739	1,63918	1,64121
Prisma Nr. 3.							
0°	$\beta =$	1,62837	1,62917	1,63116	1,63358	1,63531	1,63731
100		1,62910	1,62991	1,63192	1,63438	1,63614	1,63817
200		1,62997	1,63079	1,63283	1,63531	1,63709	1,63914
300		1,63098	1,63180	1,63385	1,63635	1,63813	1,64019
Prisma Nr. 1.							
0°	$\gamma =$	1,63589	1,63673	1,63880	1,64126	1,64298	1,64492
100		1,63652	1,63737	1,63946	1,64194	1,64369	1,64564
200		1,63730	1,63816	1,64026	1,64278	1,64453	1,64652
300		1,63818	1,63906	1,64119	1,64374	1,64552	1,64753
Prisma Nr. 3.							
0°	$\gamma =$	1,63488	1,63567	1,63766	1,64007	1,64192	1,64379
100		1,63554	1,63635	1,63836	1,64081	1,64256	1,64459
200		1,63632	1,63714	1,63917	1,64165	1,64341	1,64546
300		1,63720	1,63810	1,64006	1,64255	1,64432	1,64637

Die Differenzen der an verschiedenen Prismen beobachteten Werthe sind hier bei weitem am grössten. Die drei Indices nehmen mit der Temperatur zu, α um 0,00081, β um 0,00090, γ um 0,00080 für 100°. Ebenso die Dispersion, welche bei 0° beträgt:

für α 0,00921, für β 0,00893, für γ 0,00903
um 0,00027 um 0,00028 um 0,00032.

Die Doppelbrechung, bei 0° für D:

$$\gamma-\alpha = 0,00777 \qquad \beta-\alpha = 0,00131 \qquad \gamma-\beta = 0,00650$$

variirt für 1° von 0° bis 300° um

$$+\,0,0000001 \qquad +\,0,0000012 \qquad -\,0,0000010$$

und nimmt mit der Farbe von R_{Li} bis Bl_{Cd} ab um

0,00016 0,00007 0,00002,

ein anomales Verhalten, welches bisher nur am Gyps beobachtet worden ist. Die berechneten optischen Axenwinkel sind bei 0° = 48° 34′ (*Li*) bis 47° 32′ (*Bl*), bei 300° = 55° 4′ resp. 54° 18′.

Den Elasticitätsaxen *a*, *b*, *c* entsprechen die Ausdehnungscoëfficienten d_b, d_c, d_a.

	Prisma Nr. 1: $\frac{1+d_c}{1+d_b}$	Prisma Nr. 2: $\frac{1+d_a}{1+d_c}$	Prisma Nr. 3: $\frac{1+d_b}{1+d_a}$
0°—100°	0,999740	1,000274	0,999917
0 —200	0,999479	1,000548	0,999835
0 —300	0,999215	1,000823	0,999753

Topas vom Schneckenstein in Sachsen; farblos*).

T		*R Li*	*R Ca*	*D*	*V*₁	*V*₂	*Bl*
Prisma Nr. 1.							
0°	$\alpha =$	1,60892	1,60970	1,61164	1,61400	1,61569	1,61763
100		1,60971	1,61048	1,61241	1,61476	1,61643	1,61837
200		1,61057	1,61134	1,61328	1,61561	1,61729	1,61922
300		1,61148	1,61226	1,61419	1,61654	1,61822	1,62016
Prisma Nr. 3.							
0°	$\alpha =$	1,60910	1,60987	1,61178	1,61411	1,61578	1,61770
100		1,60986	1,61063	1,61254	1,61487	1,61653	1,61845
200		1,61066	1,61144	1,61336	1,61572	1,61739	1,61933
300		1,61149	1,61228	1,61424	1,61663	1,61834	1,62031
Prisma Nr. 2.							
0°	$\beta =$	1,61163	1,61242	1,61437	1,61669	1,61832	1,62017
100		1,61238	1,61318	1,61513	1,61747	1,61910	1,62096
200		1,61319	1,61399	1,61597	1,61833	1,61998	1,62185
300		1,61403	1,61484	1,61684	1,61924	1,62090	1,62281
Prisma Nr. 1.							
0°	$\gamma =$	1,61890	1,61970	1,62166	1,62402	1,62567	1,62755
100		1,61959	1,62040	1,62239	1,62477	1,62644	1,62834
200		1,62044	1,62125	1,62325	1,62564	1,62732	1,62923
300		1,62137	1,62218	1,62418	1,62657	1,62825	1,63015
Prisma Nr. 2.							
0°	$\gamma =$	1,61873	1,61953	1,62148	1,62382	1,62546	1,62733
100		1,61942	1,62022	1,62220	1,62456	1,62623	1,62812
200		1,62021	1,62102	1,62302	1,62540	1,62708	1,62899
300		1,62108	1,62189	1,62390	1,62631	1,62801	1,62993
Prisma Nr. 3.							
0°	$\gamma =$	1,61904	1,61984	1,62180	1,62415	1,62579	1,62765
100		1,61974	1,62054	1,62251	1,62487	1,62652	1,62838
200		1,62054	1,62135	1,62334	1,62571	1,62738	1,62927
300		1,62141	1,62223	1,62425	1,62666	1,62836	1,63027

Die thermische Zunahme der Indices beträgt bei dieser Varietät:

0,00022 0,00026 0,00025;

---

*) Hier wurde in Folge eines Irrthumes das eine der drei Prismen so geschliffen, dass β nur einmal, γ dagegen dreimal gemessen werden konnte.

Die Dispersion, bei 0^0

0,00859	0,00854	0,00861

nimmt von 0^0 bis 300^0 zu um

0,00022	0,00026	0,00025.

Die Stärke der Doppelbrechung erfährt durch die Temperatur so geringe Aenderungen, dass dieselben innerhalb der Fehlergrenzen fallen. Die Aenderung der Doppelbrechung mit der Farbe scheint auch hier anormal zu sein. Der optische Axenwinkel ergiebt sich aus den Indices für alle Temperaturen innerhalb der Fehlergrenzen gleich. Ausdehnungscoëfficienten:

	Prisma Nr. 1: $\frac{1+d_c}{1+d_b}$	Prisma Nr. 2: $\frac{1+d_b}{1+d_a}$	Prisma Nr. 3: $\frac{1+d_c}{1+d_a}$
0^0—100^0	0,999895	0,999873	0,999759
0 —200	0,999784	0,999727	0,999555
0 —300	0,999679	0,999602	0,999450

Cordierit, wahrscheinlich von Ceylon. Geschiebe aus der Bournon-schen Sammlung; spec. Gew. 2,50; derselbe lieferte drei Parallelepipede mit sehr schönem Pleochroismus (𝔞 sehr hellgelb, 𝔟 dunkel violblau, 𝔠 blass violblau), von denen jedoch eines so viele unregelmässige Sprünge enthielt, dass nur zwei Prismen für genauere Messungen brauchbar waren.

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 1.							
0^0	$\alpha =$	1,58868	1,58957	1,59181	1,59453	1,59647	1,59871
100		1,58996	1,59086	1,59311	1,59584	1,59779	1,60004
200		1,59127	1,59218	1,59444	1,59720	1,59917	1,60144
300		1,59258	1,59350	1,59579	1,59858	1,60059	1,60289
Prisma Nr. 2.							
0^0	$\alpha =$	1,58883	1,58973	1,59198	1,59471	1,59666	1,59892
100		1,59003	1,59093	1,59321	1,59597	1,59795	1,60023
200		1,59136	1,59228	1,59456	1,59735	1,59934	1,60163
300		1,59281	1,59373	1,59602	1,59881	1,60080	1,60309
Prisma Nr. 1.							
0^0	$\beta =$	1,59395	1,59487	1,59717	1,59996	1,60195	1,60425
100		1,59521	1,59612	1,59841	1,60120	1,60319	1,60549
200		1,59656	1,59748	1,59978	1,60257	1,60457	1,60687
300		1,59795	1,59888	1,60119	1,60398	1,60601	1,60832
Prisma Nr. 2.							
0^0	$\gamma =$	1,59618	1,59710	1,59940	1,60220	1,60420	1,60651
100		1,59749	1,59841	1,60071	1,60350	1,60550	1,60780
200		1,59886	1,59979	1,60209	1,60490	1,60691	1,60923
300		1,60023	1,60116	1,60349	1,60633	1,60836	1,61070

Diese Brechungsexponenten sind erheblich höher, als die bisher für Cordierit gefundenen. Mittlere Zunahme derselben mit der Temperatur bis 300^0 (für 100^0):

α: 0,00133 β: 0,00134 γ: 0,00136.

Die Dispersion, bei 0^0

0,01003 0,01030 0,01033

nimmt von 0^0 bis 100^0 zu um

0,00028 0,00007 0,00015.

Die Doppelbrechung erfährt nur kleine und unregelmässige Aenderungen. $2V$ ber. ist ca. 64^0. Die Ausdehnungscoëfficienten d_a, d_b, d_c entsprechen den optischen Elasticitätsaxen $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$.

	Prisma Nr. 1: $\frac{1+d_a}{1+d_b}$	Prisma Nr. 2: $\frac{1+d_b}{1+d_c}$
0^0—100^0	1,000252	1,000125
0 —200	1,000469	1,000315
0 —300	1,000647	1,000560

Sanidin von Duckweiler i. d. Eifel. Optische Axenebene ‖ (010), erste Mittellinie bildet 5^0 mit der Axe a im stumpfen Winkel β. Die optische Orientirung der Prismen bezieht sich auf Natriumlicht bei gewöhnlicher Temperatur, ist aber auch für die übrigen Farben und bis 300^0 genügend genau.

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 1.							
0^0	$\alpha =$	1,51784	1,51863	1,52062	1,52305	1,52478	1,52677
100		1,51806	1,51887	1,52087	1,52331	1,52506	1,52707
200		1,51842	1,51923	1,52125	1,52371	1,52547	1,52750
300		1,51889	1,51970	1,52174	1,52422	1,52599	1,52803
Prisma Nr. 2.							
0^0	$\alpha =$	1,51794	1,51873	1,52071	1,52312	1,52484	1,52684
100		1,51815	1,51895	1,52095	1,52338	1,52512	1,52713
200		1,51852	1,51933	1,52140	1,52379	1,52554	1,52756
300		1,51903	1,51983	1,52185	1,52431	1,52606	1,52809
Prisma Nr. 1.							
0^0	$\beta =$	1,52241	1,52321	1,52522	1,52766	1,52940	1,53142
100		1,52256	1,52338	1,52541	1,52789	1,52966	1,53171
200		1,52285	1,52367	1,52573	1,52824	1,53003	1,53210
300		1,52325	1,52408	1,52614	1,52867	1,53047	1,53254
Prisma Nr. 3.							
0^0	$\beta =$	1,52242	1,52323	1,52523	1,52767	1,52941	1,53142
100		1,52258	1,52339	1,52543	1,52790	1,52967	1,53172
200		1,52285	1,52368	1,52573	1,52824	1,53003	1,53210
300		1,52323	1,52406	1,52613	1,52866	1,53047	1,53255
Prisma Nr. 2.							
0^0	$\gamma =$	1,52250	1,52331	1,52533	1,52779	1,52955	1,53158
100		1,52288	1,52370	1,52574	1,52824	1,53001	1,53207
200		1,52341	1,52423	1,52629	1,52881	1,53060	1,53267
300		1,52406	1,52489	1,52695	1,52948	1,53128	1,53335

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 3.							
0^0	$\gamma =$	1,52242	1,52324	1,52528	1,52777	1,52955	1,53160
100		1,52280	1,52368	1,52569	1,52820	1,52999	1,53206
200		1,52331	1,52414	1,52621	1,52874	1,53054	1,53263
300		1,52390	1,52474	1,52683	1,52937	1,53119	1,53329

Mittlere Zunahme der Brechungsexponenten für 100^0:

α: 0,00037 β: 0,00030 γ: 0,00054.

Die Dispersion, bei 0^0

0,00894 0,00900 0,00918

nimmt von 0^0 bis 300^0 zu um

0,00021 0,00032 0,00069.

Doppelbrechung für D bei 0^0:

$\gamma - \beta = 0,00005$ $\beta - \alpha = 0,00460$ $\gamma - \alpha = 0,00462$;

deren Aenderungen für 100^0 zwischen 0^0 und 300^0:

$+ 0,00021$ $- 0,00006$ $+ 0,00016$.

$2E$ ergiebt sich aus den Indices für $0^0 = 12^0$ (D) bis 22^0 (Bl), für 300^0 ca. 44^0. Die grösste Ausdehnung erfährt $\mathfrak{a}$, fast die gleiche $\mathfrak{c}$, eine merklich geringere $\mathfrak{b}$, während am Adular nach Fizeau's Messungen die beiden letzteren nahe gleich sind.

T	Prisma Nr. 1: $\frac{1+d_b}{1+d_c}$	Prisma Nr. 2: $\frac{1+d_c}{1+d_a}$	Prisma Nr. 3: $\frac{1+d_a}{1+d_b}$
0^0—100^0	1,001757	0,998250	1,000157
0 —200	1,003573	0,996377	1,000295
0 —300	1,005450	0,994401	1,000472

Oligoklas von Bakersville, Nordcarolina. Der Verf. fand an einem wasserhellen, von Zwillingsbildung fast freien Stücke nicht die von Penfield und Sperry (s. diese Zeitschr. **17**, 408) beobachteten Anomalien, sondern folgende, für Oligoklas normale optische Orientirung: auf (001) Auslöschungsschiefe 1^0, auf (010) $7^0\,30'$ gegen die Kante PM in stumpfem Winkel derselben mit der Verticalaxe; die zweite Mittellinie steht senkrecht auf (010), während die erste nahe mit der Kante PM zusammenfällt; Doppelbrechung —.

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 1.							
0^0	$\alpha =$	1,53627	1,53710	1,53916	1,54168	1,54348	1,54556
100		1,53655	1,53738	1,53947	1,54201	1,54383	1,54593
200		1,53693	1,53777	1,53987	1,54243	1,54426	1,54636
300		1,53739	1,53823	1,54034	1,54290	1,54474	1,54685
Prisma Nr. 3.							
0^0	$\alpha =$	1,53629	1,53713	1,53923	1,54179	1,54361	1,54572
100		1,53651	1,53736	1,53946	1,54203	1,54386	1,54598
200		1,53686	1,53771	1,53983	1,54241	1,54426	1,54638
300		1,53731	1,53817	1,54030	1,54290	1,54476	1,54690

T		R_{Li}	R_{Cd}	D	V_1	V_2	Bl
Prisma Nr. 2.							
0°	$\beta =$	1,54038	1,54126	1,54342	1,54602	1,54786	1,54995
100		1,54077	1,54165	1,54382	1,54644	1,54828	1,55038
200		1,54123	1,54211	1,54431	1,54694	1,54880	1,55092
300		1,54172	$\bar{1}$,54262	1,54484	1,54749	1,54938	1,55153
Prisma Nr. 3.							
0°	$\beta =$	1,54031	1,54119	1,54337	1,54597	1,54781	1,54988
100		1,54069	1,54157	1,54376	1,54639	1,54823	1,55032
200		1,54115	1,54204	1,54425	1,54689	1,54875	1,55085
300		1,54165	1,54255	1,54478	1,54743	1,54932	1,55144
Prisma Nr. 2.							
0°	$\gamma =$	1,54405	1,54494	1,54714	1,54977	1,55162	1,55373
100		1,54445	1,54534	1,54753	1,55016	1,55201	1,55411
200		1,54491	1,54581	1,54801	1,55065	1,55251	1,55462
300		1,54541	1,54630	1,54853	1,55120	1,55308	1,55521
Prisma Nr. 2.							
0°	$\gamma =$	1,54427	1,54516	1,54735	1,54999	1,55185	1,55396
100		1,54460	1,54549	1,54769	1,55033	1,55219	1,55430
200		1,54504	1,54594	1,54815	1,55081	1,55268	1,55481
300		1,54550	1,54640	1,54864	1,55132	1,55321	1,55536

Darnach nehmen die Indices im Mittel zu für 100°:

α um 0,00036 β um 0,00047 γ um 0,00042.

Die Dispersion, bei 0°

0,00944 0,00957 0,00969

nimmt bis 300° zu um

0,00015 0,00023 0,00017.

Doppelbrechung für D bei 0°:

$\gamma - \beta = 0,00393$ $\beta - \alpha = 0,00414$ $\gamma - \alpha = 0,00798$

variiren für 100° im Mittel um

$-$ 0,00004 + 0,00011 + 0,00007.

Der berechnete Axenwinkel $2V$, für die verschiedenen Farben nahezu gleich, ist bei 0° = 88°, bei 300° = 85°. Grösste Ausdehnung $d_a \parallel \mathfrak{a}$, kleinste $d_c \parallel \mathfrak{b}$.

T	Prisma Nr. 1: $\frac{1 + d_c}{1 + d_b}$	Prisma Nr. 2: $\frac{1 + d_a}{1 + d_c}$	Prisma Nr. 3: $\frac{1 + d_b}{1 + d_a}$
0°—100°	1,000033	1,000631	0,999485
0 —200	1,999970	1,001261	0,998953
0 —300	0,999812	1,001892	0,998391

Unter den vorstehend betrachteten Substanzen zeigen nur zwei eine Abnahme der Brechungsexponenten in höherer Temperatur, alle anderen eine Zunahme. Jene beiden besitzen aber sehr grosse Ausdehnungscoëfficienten, alle

übrigen kleine, so dass bei jenen die Abnahme durch die starke Volumvermehrung bedingt wird. Man kann also annehmen, dass das molekulare Brechungsvermögen der festen Körper mit der Temperatur zunimmt. Die Dispersion nimmt bei allen untersuchten Körpern zu, bei Beryll, Sanidin und Oligoklas wächst auch die Doppelbrechung mit der Temperatur.

Ref.: P. Groth.

44. G. Cesaro (in Lüttich): **Durch Ritzen auf Spaltflächen des Steinsalzes und auf den primären Prismenflächen des Aragonits hervorgebrachte Figuren** (Ann. d. l. Soc. géolog. de Belg. 1890, **17**, 93—97). — Streicht man mit einer Messerspitze über eine Spaltungsfläche von Steinsalz, indem man den Strich ungefähr senkrecht gegen die Würfelkanten führt, so bilden sich an der Streichlinie gleichschenklige dreieckige Rissfiguren, deren Spitzen nach derjenigen Seite liegen, von welcher her die Bewegung begonnen hat. Die Basis dieser Dreiecke steht senkrecht zu der Streichlinie, und die beiden anderen Seiten bilden mit letzterer Winkel von 37°. Es entstehen dabei eine Reihe losgelöster Dreiecke, weil die Messerspitze zunächst eine Lamelle abhebt, und nachdem sie über diese hinweggeglitten, von Neuem auf die Fläche drückt und dadurch eine zweite Lamelle loslöst u. s. w.

Beim Aragonit gelang es nur auf den Prismenflächen *m* ähnliche Figuren zu erzeugen, und zwar nur dann, wenn die Messerspitze von der vorderen Prismenkante horizontal nach der Kante (110):(010) geführt wurde. Die Basis der entstandenen Dreiecke ist dann vertical, die beiden Seiten bilden mit ihr Winkel von 32°.

Ref.: J. Beckenkamp.

45. Derselbe: Ueber die mechanische Erzeugung von Krystallflächen beim Calcit (Ebenda 241—258). — Bezeichne man mit Lévy die beiden Pole eines Kalkspathrhomboëders mit *A*, die sechs Lateralecken mit *E*, die Polkanten mit *B*, die Lateralkanten mit *D* und mit den entsprechenden kleinen Buchstaben die Ecken und Kanten eines nach $\frac{1}{2}R$ verschobenen Krystalls. Es verwandelt sich hierbei bekanntlich eine Ecke *A* in eine Ecke *e*, wenn von *E* nach *A* längs einer Polkante *B* ein Druck ausgeübt wird. Die hierdurch veranlasste Schiebung hat eine Drehung der Flächen um eine Axe zur Folge, welche der horizontalen Diagonalen derjenigen Fläche parallel geht, gegen welche der Druck ausgeübt wird. Sind ausser *R* noch andere die Ecken oder Kanten abstumpfenden Flächen vorhanden, welche auf den Kanten von *R* gewisse Abschnitte von den Ecken aus bestimmen, so verwandeln sich diese bei der Schiebung in Flächen anderer Art, aber mit denselben Kantenabschnitten*). Die Fläche gelangt aus ihrer ursprünglichen Lage in die verschobene durch eine Drehung um ihre Combinationskante mit $-\frac{1}{2}R$. Ist *V* der Winkel, welchen die beiden Lagen einer Fläche mit einander bilden, so ist

$$\operatorname{tg} V = \frac{2ml\sqrt{1-2l}\sqrt{2m^2(1+l)+(n-p)^2}}{(m^2+n^2+p^2)(1-l)+2lnp-4m^2l^2}; \qquad (1)$$

$\frac{1}{m}, \frac{1}{n}, \frac{1}{p}$ sind die Abschnitte, welche die betreffende Fläche in ihrer Anfangs-

*) Vergl. auch Liebisch, Phys. Krystallogr. S. 107.

lage auf den Polkanten des Rhomboëders von A aus bestimmt, ($\frac{1}{m}$ liegt auf derjenigen Kante, nach welcher der Druck erfolgt), $2l$ bezeichnet den Abstand des Punktes A (in seiner ursprünglichen Stellung) von e (der Lage des Punktes A nach der vollständigen Verschiebung), wenn die Länge der Rhomboëderkante gleich Eins gesetzt wird. Für Kalkspath ist $l = \cos 78^0 5' = 0{,}206489$. Streicht man mit dem Rücken einer Messerklinge über eine basische Kalkspathplatte, und übt man dabei einen Druck gegen die Spaltfläche aus, so wird im Inneren des Krystalls eine Fläche $-\frac{1}{2}R$ sichtbar und auf $0R$ erscheint eine spiegelnde Fläche $-2R$. Da hier $m = n = p = 1$, so berechnet sich nach (1) $V = 10^0 37'$; es wurde vom Verf. auch gemessen $V = 10^0 37'$.

Stumpft man mit einem Messer zwei Polkanten von R gerade ab, und drückt man mit der Klinge auf der von beiden eingeschlossenen Fläche von E nach A, so verwandeln sich die beiden vorher rauhen künstlichen Flächen $-\frac{1}{2}R$ in zwei spiegelnde Flächen $\infty P2$ mit den Winkel von 60^0 gegen einander.

Ist $-\frac{1}{2}R$ als glänzende Fläche vorhanden, und lässt man diese theilweise in $\infty P2$ übergehen, so ist $m = 1, n = 0, p = 1$, mithin $V = 22^0 25'$; vom Verf. wurde in diesem Falle auch gemessen $V = 22^0 25'$.

Durch Schneiden und Poliren wurden zwei Flächen $-2R$ hergestellt, so dass die Dicke der Substanz zwischen beiden etwa 3 mm betrug; nach der Verschiebung waren beide in $0R$ verwandelt, und im convergenten polarisirten Lichte wurden nunmehr die isochromatischen Ringe mit dem schwarzen Kreuze wahrgenommen. Auch bei künstlich hergestellten Flächen mit complicirteren Zeichen stimmten Beobachtung und Rechnung des Winkels V mit einander.

Fährt man also mit dem Messer über eine Kalkspathfläche ungefähr parallel zu einer Kante B des Grundrhomboëders derart, dass man einen Druck von E nach A ausübt, so erleidet ein kleiner Theil der Krystallmasse eine Verschiebung nach $-\frac{1}{2}R$; es bildet sich eine dreieckige Facette, deren Spitze nach derjenigen Seite liegt, von welcher her der Strich begonnen hat; die Basis der Facette ist parallel der Combinationskante der überstrichenen Fläche mit $-\frac{1}{2}R$ und der Winkel der Facette mit der überstrichenen Fläche ist gleich dem oben definirten Winkel V.

Hat eine Fläche auf den Polkanten des Grundrhomboëders die Axenschnitte $\frac{1}{m}, \frac{1}{n}, \frac{1}{p}$, und sei der Winkel, welchen die Basis der eben erwähnten Facette mit einer horizontalen Linie auf der überstrichenen Fläche bildet, gleich ω, so ist

$$\cos\omega = \sqrt{\frac{1+l}{2}} \cdot \frac{m(n+p-2m)-(n-p)^2}{\sqrt{2(1+l)m^2+(n-p)^2} \cdot \sqrt{m^2+n^2+p^2-mn-mp-np}}, \quad (2)$$

wobei l die vorhin erwähnte Bedeutung hat.

Die Strichfiguren bilden sich nur dann, wenn die Facetten, welche sich nach den beiden Gleichungen bilden sollen, aus der Krystallmasse heraustreten müssen, nicht aber, wenn sie in diese einzudringen streben. So entstehen durch einen Strich über $0R$ Facetten von $-2R$, dagegen durch einen Strich über $-2R$ entstehen keine Facetten von $0R$, da im letzteren Falle zu grosse Krystallmassen zurückgeschoben werden müssten; auf einer sehr dünnen Lamelle nach $-2R$ geht dagegen die theilweise Umwandlung in $0R$ vor sich.

Ref.: J. Beckenkamp.

46. G. Cesàro (in Lüttich): **Der Quarz von Sarolay** (Bull. soc. géol. Belg. 1890, Mém. 17, 233). — Auf den Spalten des Kohlensandsteins von Sarolay in Belgien finden sich Quarzkrystalle, welche ausser der gewöhnlichen Form ∞R, R, $-R$ noch zeigen: $s\{11\bar{2}1\}$, β Des Cloizeaux als schmale Abstumpfung der $R:-R$, und τ Des Cloiz. zwischen $-R$ und s.

$\beta : -R =$	9° 47′ beob.	9° 53′ ber.
$\tau_2 : -R =$	8 0 -	7 45 -

Die Aetzung mit Flusssäure zeigt auf den Pyramidenflächen Antheile von $+$ und $-R$ sowohl von Rechts- als von Linksquarz, deren Zwillingsgrenzen theils horizontal, theils parallel mit der zweitnächsten Pyramidenfläche laufen.

Ref.: P. Groth.

47. Derselbe: Zinkblendekrystalle mit {861} (Ebenda, 237). — An Krystallen unbekannter Herkunft fand der Verf. eine dreikantige Ecke des Dodekaëders zugespitzt durch die neue Form {861}.

(681):(110) =	9° 38′ beob.	9° 55½′ ber.
(681):(011) =	50 54 -	50 42½ -
(681):(101) =	60 17 -	60 29½ -

(861) liegt in der Zone $(110):(1\bar{1}1)$, daher ihre Combinationskanten mit {110} je auf einer Kante dieser Form senkrecht stehen, wodurch dieses Hexakistetraëder leicht erkannt werden kann. Der Verf. vermuthet, dass die ähnlich liegenden gerundeten Flächen der Zinkblendekrystalle von Cumberland und Ems derselben Form angehören.

Ref.: P. Groth.

48. Ch. Soret (in Genf): **Bemerkungen zur Theorie der natürlichen Circularpolarisation.** Zweite Mittheilung (Arch. d. sc. phys. et nat. d. Genève 1890, 24, 591—597). Verf. hat bereits früher (diese Zeitschr. 11, 97) aus den Symmetrieverhältnissen folgende für die mathematische Behandlung der Circularpolarisation wichtige Schlüsse gezogen:

Ein optisch actives Mittel kann parallel derjenigen Richtung, in welcher Circularpolarisation stattfindet, keine Symmetrieebene besitzen, denn es wären beide Richtungen senkrecht zu letzterer nicht gleichwerthig.

Dasselbe darf auch keine Symmetrieebene senkrecht zu der Richtung haben, in welcher Circularpolarisation stattfindet, denn dann müssten zwei in entgegengesetzter Richtung einen Krystall durchsetzenden Strahlen in Bezug auf eine feste Axe im gleichen Sinne rotiren. Aus demselben Grunde darf auch kein Centrum der Symmetrie vorhanden sein. Daraus folgt allerdings nicht, dass jeder Krystall, welcher geometrisch weder ein Centrum noch eine Ebene der Symmetrie besitzt, optisch activ sein müsste.

Der Forderung, dass für zwei in entgegengesetzter Richtung einen optisch activen Krystall durchsetzende Strahlen das Vorzeichen umgekehrt werde, müssen die Bewegungsgleichungen durch ungerade Derivirten nach den Coordinaten, nicht aber durch solche nach der Zeit genügen (vgl. diese Zeitschr. 12, 481); geschieht dies nicht, dann müssen von den Richtungscosinus der Welle abhängige Coëfficienten eingeführt werden, wie es bei W. Voigt geschieht (diese Zeitschr. 11, 91). Verf. hält es aber nicht für richtig, solche Coëfficienten in die allgemeinen Gleichungen einzuführen, welche lediglich dazu dienen sollen, diese in einem bestimmten Falle verwendbar zu machen. Auch W. Voigt hat in einer

späteren Abhandlung (dies. Zeitschr. **15,** 327) auf das Bedenkliche jener Einführung aufmerksam gemacht und bemerkt, dass, wenn man solche Coëfficienten nicht einführen wolle, man entweder annehmen müsse, dass es keine völlig durchsichtige, circularpolarisirende Medien gebe, oder die allgemeinen Grundlagen der Bewegungsgleichungen verwerfen müsse. Soret wendet dagegen ein, dass man nur jene von der Richtung abhängige Grössen zu streichen brauche, und statt deren solche Grössen einführen müsse, welche periodische Functionen der Coordinaten seien; die Analogie mit dem Reusch'schen Glimmersatz berechtige ja auch zu der Annahme, dass das Medium der circularpolarisirenden natürlichen Krystalle nicht im mathematischen Sinne homogen sei. Die Voigt'sche Untersuchung habe also den Beweis geliefert, dass ein circularpolarisirendes stetiges, homogenes Mittel nicht möglich sei.

Ref.: J. Beckenkamp.

49. P. Hautefeuille und A. Perrey (in Paris): **Ueber die Krystallisation der Thonerde und der Beryllerde** (Bull. d. l. soc. franç. minér. 1890, **13,** 147). Die Verf. haben gefunden, dass Thonerde sich in geschmolzenem Nephelin auflöst und beim Erkalten daraus in dünnen Blättchen krystallisirt; die so erhaltenen künstlichen Korundkrystalle gleichen denjenigen, die Ebelmen aus Borax und die Verf. früher aus Schwefelnatrium dargestellt haben. Grössere Krystalle von Korund bildeten sich aus dem Schmelzflusse eines Gemisches von Thonerde, Schwefelnatrium und Nephelin oder von Kaolin, Beauxit und Schwefelnatrium.

Berylliumoxyd wurde aus geschmolzenem Berylliumnephelin oder Berylliumleucit (néphéline et leucite gluciniques) in deutlich hemimorphen, sechsseitigen Pyramiden erhalten. Löst man Thonerde in Berylliumleucit, oder Beryllerde in gewöhnlichem Nephelin auf, so krystallisirt beim Erkalten der Schmelze Chrysoberyll aus.

Ref.: W. Muthmann.

50. Dieselben: Ueber Berylliumsilicate (Ann. chim. phys. 1890 [6], **20,** 447). Die Verf. haben eine Anzahl von Alkali-Berylliumsilicaten in krystallisirtem Zustande erhalten; einige derselben entsprechen natürlich vorkommenden Alkali-Aluminiumsilicaten, in denen die Thonerde durch Beryllerde ersetzt ist; so wurde Berylliumleucit, -nephelin, -albit und -melilith erhalten.

Künstlicher Phenakit entsteht, wenn man andauernd ein Gemisch von 4 Mol. SiO_2, 1 Mol. Be_2O_3 und 1 Mol. Li_2O mit vanadinsaurem oder molybdänsaurem Lithium zusammenschmilzt. Neben den Phenakitkrystallen wurden Tridymit- und zuweilen auch Quarzkrystalle beobachtet.

Künstlichen Smaragd in langprismatischen Krystallen stellten die Verf. durch 80tägiges Erhitzen der Elemente des Berylls mit der fünffachen Gewichtsmenge von neutralem Lithiumvanadat dar. Auch wurden Beryllé erhalten, in denen ein Theil der Thonerde durch Chrom oder Eisen, sowie ein Theil des Berylliumoxydes durch Magnesia oder Zinkoxyd ersetzt war.

Ref.: W. Muthmann.

51. J. Hirschwald (in Berlin): **Ueber das Verhalten der Kieselsäure und ihrer Verbindungen im Phosphorsalzglase** (Journ. f. prakt. Chem., 1890 [2], **41,** 360). — Der Verf. kommt zu dem Resultate, dass das geschmolzene Phosphorsalz nicht das zuverlässige Mittel zur Erkennung kieselsaurer Verbindungen

ist, als das es allgemein betrachtet wird. Zunächst stellt Derselbe fest, dass Natriumhexametaphosphat schon für sich bei länger andauerndem heftigem Erhitzen zunächst opalartig trübe, dann milchig weiss und stark krystallinisch wird; es rührt dies von der Bildung eines Pyrophosphates her, welches in stumpfen hexagonalen Pyramiden krystallisirt und zuweilen in solcher Menge entsteht, dass die Oberfläche der Perle völlig mit Kryställchen bedeckt ist. Der Verf. zieht daraus den Schluss, dass das für manche Silicate als charakteristisch angeführte »Opalisiren« der Perle seinen Grund in den Veränderungen hat, welche das Phosphorsalz an und für sich bei andauerndem Schmelzen erleidet.

Andererseits vermag das Natriumhexametaphosphat 2,55% seines Gewichtes reinen Quarzes klar zu lösen; setzt man mehr hinzu, so scheiden sich beim Erkalten spindelförmige Krystalle von Kieselphosphorsäure aus, die jedoch meist durch die gleich folgenden Bildungen der erwähnten Pyrophosphatkrystalle verdeckt werden.

Zahlreiche Versuche mit natürlichen Silicaten führten zu dem Resultate, dass alle kieselsauren Verbindungen in mehr oder minder bedeutender Menge im Phosphorsalzglase ohne jeden Rückstand löslich sind, wenn sie in Form eines feinen Pulvers verwendet werden. Splitter werden ebenfalls völlig gelöst, wenn sie nicht zu gross sind; im anderen Falle bleibt ein dünner, meist zernagter und löcherig gewordener Rest, den man bisher als Kieselskelett bezeichnet hat.

Schliesslich constatirt der Verf., dass viele kieselsäurefreie Mineralien, wie Wavellit, Monazit, Apatit, Diaspor, Chrysoberyll, Spinell, Aeschynit, Ytterspath u. a. ein den Silicaten ähnliches Verhalten im Phosphorsalzglase zeigen und dass daher der in Frage stehenden Kieselsäurereaction eine maassgebende analytische Bedeutung nicht zugeschrieben werden kann.

Ref.: W. Muthmann.

52. **R. Scheibe** (in Berlin): **Krystallographische Beobachtungen an Arsenmolybdänsäuren und ihren Salzen** (Zeitschr. f. Naturwissensch. Halle a. S. 1889, **62**, 481. Auch als Inaugural-Dissertation erschienen). — Die sämmtlichen Körper sind von Pufahl dargestellt (Inaug.-Dissert. Leipzig, 1888). Der Verf. beschreibt zwei Reihen von Säuren und Salzen, solche mit dem Verhältniss $As_2O_5 : MoO_3 = 1 : 6$ und $1 : 18$.

Erste Reihe.

1. Farblose Arsenmolybdänsäure, $H_6As_2O_8 6MoO_3 + 15H_2O$.

Die Krystalle wurden erhalten durch langsames Verdunsten der Lösung in Wasser oder in Salpetersäure vom spec. Gew. 1,2 über Schwefelsäure.

Krystallsystem: Hexagonal-rhomboëdrisch.

$$a : c = 1 : 0,8535.$$

Beobachtete Formen: $\{10\bar{1}1\}R$, $\{0001\}0R$, $\{2\bar{2}01\}-2R$, $\{11\bar{2}0\}\infty P2$. Das Grundrhomboëder herrscht vor; das Prisma tritt nur vereinzelt auf.

	Gemessen:	Berechnet:
$(0001):(10\bar{1}1)$ =	*44° 35′	—
$(0001):(2\bar{2}01)$ =	63 11	63° 6′
$(10\bar{1}1):(\bar{1}101)$ =	74 50	74 52,6
$(2\bar{2}01):(\bar{2}021)$ =	101 49	101 7,5
$(10\bar{1}1):(2\bar{2}01)$ =	50 24	50 33,8

	Gemessen:	Berechnet:
$(2\bar{2}01):(2\bar{1}\bar{1}0)$	$= 39^0 23'$	$39^0 26{,}'2$
$(2\bar{1}\bar{1}0):(0\bar{1}11)$	$= 89\ 55$	$90\ \ 0$
$(2\bar{1}\bar{1}0):(10\bar{1}1)$	$= 52\ 30$	$52\ 33{,}7$
$(10\bar{1}1):(20\bar{2}\bar{1})$	$= 72\ 20$	$72\ 19$

Farblos; die Krystalle, besonders die aus reinem Wasser, werden sehr bald weiss und undurchsichtig.

Aus heisser concentrirter Salpetersäure vom spec. Gew. 1,4 krystallisirt dieselbe Säure mit 7 Mol. Wasser. Diese wasserärmeren Krystalle gehören wahrscheinlich dem monosymmetrischen Systeme an, zeigen zwei prismatische Formen $\{110\}\infty P$ und $\{111\}-P$, und sind langsäulenförmig nach der Verticalaxe ausgebildet. Sie konnten nicht gemessen werden, da sie an der Luft sofort trübe werden; die Auslöschungsrichtung auf den Prismenflächen liegt, soweit constatirt werden konnte, der c-Axe parallel. Bei 24stündigem Stehen mit der Mutterlauge bei gewöhnlicher Temperatur nehmen sie Wasser auf und gehen in die oben beschriebenen rhomboëdrischen Krystalle über.

2. Arsenmolybdänsaures Natrium, $Na_2H_4As_2O_8 6MoO_3 + 10H_2O$.

Wurde schon von Débray dargestellt*).
Krystalle aus heisser wässeriger Lösung.
Krystallsystem: Tetragonal.
Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{100\}\infty P\infty$ und untergeordnet $\{110\}\infty P$.
Habitus: Würfelförmig.
Farblos; Doppelbrechung positiv.

3. Arsenmolybdänsaures Kalium, $K_2H_4As_2O_8 6MoO_3 + 3H_2O$.

Wie das Natriumsalz krystallisirt.
Krystallsystem: Tetragonal.
Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P$, auch $\{111\}P$. Zur Messung waren die Krystalle zu klein.
Farblos. Optisch einaxig.

4. Arsenmolybdänsaures Lithium, $Li_2H_4As_2O_8 6MoO_3 + 12H_2O$.

Wie die beiden vorigen Salze krystallisirt.
Krystallsystem: Tetragonal.
Beobachtete Formen: Nur $\{001\}0P$ und $\{110\}\infty P$.
Farblos. Optisch einaxig, doch zeigen sich häufig optische Anomalien.

5. Arsenmolybdänsaures Ammonium, $(NH_4)_2H_4As_2O_8 6MoO_3 + 2H_2O$.

Krystalle aus heisser, schwach salpetersaurer Lösung.
Krystallsystem: Tetragonal.

$$a : c = 1 : 1{,}0379.$$

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{111\}P$; einmal wurde auch $\{100\}\infty P\infty$ beobachtet. Habitus dicktafelförmig. In den Winkeln zeigt sich grosse Annäherung an das reguläre System.

*) Compt. rend. 1874, **78**, 1408.

	Gemessen:	Berechnet:
$(111):(001)$ =	*55° 44′	—
$(111):(11\bar{1})$ =	68 31	68° 32′
$(111):(1\bar{1}1)$ =	71 39,5	71 31
$(111):(100)$ =	54 15	54 14,5

Farblos, lebhaft glänzend. Optisch einaxig, starke positive Doppelbrechung. Spaltbar nach $\{100\}$.

6. Arsenmolybdänsaures Calcium, $CaH_4As_2O_8 6MoO_3 + 8H_2O$.

Krystalle aus heisser wässeriger Lösung.
Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,967 : 1 : 0,747.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{111\}P$. Im Habitus und in den Winkeln gleichen die Krystalle Rhombendodekaëdern. Die Flächen waren gekrümmt und gestreift.

	Gemessen:	Berechnet:
$(111):(1\bar{1}1)$ =	*61° 10′	—
$(111):(\bar{1}11)$ =	*63 30	—
$(010):(111)$ =	59 18	59° 25′
$(100):(111)$ =	58 50	58 15

Farblos, durchsichtig, stark glänzend. Die Ebene der optischen Axen ist das Brachypinakoid.

Das Baryum- und das Strontiumsalz der Arsenmolybdänsäure entsprechen dem oben beschriebenen Calciumsalz in ihrer Zusammensetzung und sind mit demselben isomorph. Die Krystalle gleichen ebenfalls Rhombendodekaëdern und sind doppeltbrechend; gemessen konnten dieselben nicht werden, da ihre Flächen zu stark gekrümmt waren.

7. Arsenmolybdänsaures Kupfer, $CuH_4As_2O_8 6MoO_3 + 15H_2O$.

Krystalle aus heissgesättigter wässeriger Lösung.
Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,788 : 1 : ?.$$

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$ vorherrschend, ausserdem $\{110\}\infty P$ und $\{101\}\bar{P}\infty$, letzteres klein und nicht messbar.

$(110):(1\bar{1}0) = 76° 30'$ (mikroskopische Messung).

Farbe: Lichtlasur- bis himmelblau, durchsichtig, doch werden die Krystalle an der Luft sehr bald trübe, weiss und undurchsichtig. Die Ebene der optischen Axen ist das Makropinakoid, die erste Bisectrix die c-Axe; die Doppelbrechung ist positiv, Dispersion $\varrho > v$, der optische Axenwinkel in Luft ist ca. 50°.

8. Arsenmolybdänsaures Magnesium, $MgH_4As_2O_8 6MoO_3 + 11H_2O$.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,12856 : 1 : 1,03027;$$
$$\beta = 120° 16'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{010\}\infty R\infty$, $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P$, $\{210\}\infty P2$, $\{\bar{1}11\}+P$, $\{\bar{1}01\}+P\infty$, $\{\bar{1}\bar{1}.0.4\}+\frac{11}{4}P\infty$. Kurzprismatisch;

die drei Pinakoide und das Hemidoma herrschen vor; die übrigen Formen treten nur schmal auf, $(\bar{1}\bar{1}.0.4)$ wurde nur einmal beobachtet.

	Gemessen:	Berechnet:
$(100):(001)$	$= *59^0 44'$	—
$(\bar{1}00):(\bar{1}01)$	$= *64\ 40$	—
$(110):(010)$	$= *45\ 44$	—
$(001):(\bar{1}01)$	$= 55\ 39$	$55^0 36'$
$(100):(1\bar{1}0)$	$= 44\ 12$	$44\ 16$
$(0\bar{1}0):(1\bar{1}\bar{1})$	$= 47\ \ 6$	$47\ \ 2,4$
$(1\bar{1}\bar{1}):(10\bar{1})$	$= 42\ 51$	$42\ 57,6$
$(1\bar{1}0):(10\bar{1})$	$= 72\ \ 8$	$72\ \ 9,4$
$(100):(210)$	$= 25\ 49$	$25\ 59$
$(110):(210)$	$= 18\ 18$	$18\ 17$
$(100):(11\bar{1})$	$= 71\ 44$	$71\ 45,1$
$(210):(10\bar{1})$	$= 67\ 18$	$67\ 22,7$
$(100):(11.0.\bar{4})$	$= 23\ \ 3$	$23\ 17,4$

Farblos. Die optische Axenebene ist zur Symmetrieebene senkrecht und bildet mit der c-Axe einen Winkel von etwa 6^0 im stumpfen Axenwinkel β. Die Symmetrieaxe ist die spitze Bisectrix. Doppelbrechung negativ.

9. Arsenmolybdänsaures Mangan, $MnH_4As_2O_8 6MoO_3 + 11H_2O$.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,12242 : 1 : 1,03199;$$
$$\beta = 119^0 54'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{010\}\infty R\infty$, $\{001\}0P$, $\{\bar{1}01\}+P\infty$, $\{110\}\infty P$, $\{\bar{1}11\}+P$. Prisma und Hemipyramide sind nur schmal ausgebildet, die übrigen drei Formen treten ungefähr gleich gross auf.

	Gemessen:	Berechnet:
$(100):(001)$	$= *60^0\ \ 6'$	—
$(001):(\bar{1}01)$	$= *55\ 48$	—
$(010):(110)$	$= *45\ 47$	—
$(\bar{1}01):(\bar{1}00)$	$= 64\ \ 6$	$64^0\ \ 6'$
$(100):(1\bar{1}0)$	$= 44\ \ 8$	$44\ 13$
$(0\bar{1}0):(1\bar{1}\bar{1})$	$= 47\ 27$	$47\ \ 7,7$
$(1\bar{1}\bar{1}):(10\bar{1})$	$= 42\ 25$	$42\ 52,3$
$(1\bar{1}0):(10\bar{1})$	$= 71\ 45$	$71\ 45,4$

Farblos. Die Ebene der optischen Axen ist zur Symmetrieebene senkrecht und bildet mit der c-Axe einen Winkel von ca. 10^0 im stumpfen Axenwinkel β. Die erste Bisectrix ist die b-Axe, Doppelbrechung negativ.

10. Arsenmolybdänsaures Zink, $ZnH_4As_2O_8 6MoO_3 + 11H_2O$.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1 : ? : 0,91174;$$
$$\beta = 119^0 29'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{010\}\infty R\infty$, $\{001\}0P$, $\{\bar{1}01\}+P\infty$. Habitus wie beim Mangansalz.

	Gemessen:
(100):(001) =	*60° 31′
(001):($\bar{1}$01) =	*55 13
($\bar{1}$01):($\bar{1}$00) =	64 16

Farblos. Die Ebene der optischen Axen ist zur Symmetrieebene senkrecht und bildet mit der Verticalaxe einen Winkel von $8\frac{1}{2}^0$ im stumpfen Axenwinkel β.

11. Arsenmolybdänsaures Cadmium, $CdH_4As_2O_8 6MoO_3 + 11H_2O$.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1 : ? : 0,91886;$$
$$\beta = 119^0 44'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{010\}\infty P\infty$, $\{001\}0P$, $\{\bar{1}01\}+P\infty$. Habitus wie beim vorigen Salz, doch herrscht das Orthopinakoid manchmal stark vor.

	Gemessen:
(100):(001) =	60° 16′
(001):($\bar{1}$01) =	54 42
($\bar{1}$01):($\bar{1}$00) =	64 2

Die Ebene der optischen Axen steht senkrecht zur Symmetrieebene und bildet mit der Verticalaxe einen Winkel von 16^0 im stumpfen Axenwinkel β. Die spitze Bisectrix ist die Symmetrieaxe, Doppelbrechung negativ.

12. Arsenmolybdänsaures Kobalt, $CoH_4As_2O_8 6MoO_3 + 11H_2O$.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,12895 : 1 : 1,03039;$$
$$\beta = 119^0 41'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{010\}\infty P\infty$, $\{001\}0P$, $\{\bar{1}01\}P\infty$, $\{110\}\infty P$, $\{210\}\infty P2$, $\{\bar{1}11\}+P$. Die drei letzteren Formen treten nur untergeordnet auf und wurden nur an Krystallen beobachtet, welche sich aus molybdänsäurereichen Lösungen zugleich mit dem Salze $3CoO.3H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 33H_2O$ (siehe unten) abgeschieden hatten. Aus wässerigen Lösungen des reinen Salzes erhält man Krystalle, die mit den zu beschreibenden identisch sind, an denen aber nur die Pinakoide und das positive Hemidoma — in ähnlicher Ausbildung wie bei dem oben beschriebenen Zinksalze — auftreten.

	Gemessen:	Berechnet:
($\bar{1}$00):($\bar{1}$01) =	*64° 20′	—
(001):($\bar{1}$01) =	*55 21	—
($\bar{1}$01):($\bar{1}$11) =	*42 53	—
(100):(001) =	60 17	60° 19′
(100):(110) =	43 45	44 26,7
(100):(210) =	25 43	26 7,4
($\bar{1}$00):($\bar{1}$11) =	71 29	71 29,7

Farbe: Rosenroth, durchsichtig. Die optische Axenebene ist zur Symmetrieebene senkrecht und bildet mit der c-Axe einen Winkel von $5\frac{1}{2}^0$ im stumpfen Axenwinkel β. Die erste Bisectrix ist die Symmetrieaxe, Doppelbrechung negativ.

13. Arsenmolybdänsaures Nickel, $NiH_4As_2O_8 6MoO_3 + 11H_2O$.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1 : ? : 0{,}90763;$$
$$\beta = 120^0\ 9'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{010\}\infty P\infty$, $\{001\}0P$, $\{\bar{1}01\}P\infty$. Habitus wie beim Zinksalz.

	Gemessen:
$(100):(001) =$	$59^0\ 51'$
$(001):(\bar{1}01) =$	55 16
$(\bar{1}01):(\bar{1}00) =$	64 53

Farbe grasgrün. Die Auslöschungsrichtung auf der Symmetrieebene bildet mit der c-Axe einen Winkel von 1^0 im stumpfen Winkel β.

14. Arsenmolybdänsaures Nickel-Kobalt,

$$\frac{CoNi}{2} H_4As_2O_8 6MoO_3 + 11H_2O\ ^*).$$

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1 : ? : 0{,}91902;$$
$$\beta = 120^0\ 2'.$$

Beobachtete Formen und Habitus: wie beim Nickelsalz.

	Gemessen:
$(100):(001) =$	$59^0\ 58'$
$(001):(\bar{1}01) =$	55 50
$(\bar{1}01):(\bar{1}00) =$	64 12

Farbe: Nelkenbraun. Die zur Symmetrieebene senkrechte optische Axenebene bildet mit der c-Axe einen Winkel von 7^0 im stumpfen Winkel β. Die Doppelbrechung um die senkrecht zur Symmetrieebene austretende erste Bisectrix ist negativ.

Die zuletzt beschriebenen sieben, chemisch analog zusammengesetzten Salze bilden eine isomorphe Reihe. Sie zeigen grosse Uebereinstimmung in Winkeln, Habitus und optischen Eigenschaften; bei allen stehen optische Axenebene und erste Bisectrix zur Symmetrieebene senkrecht, und geht die erstere durch den stumpfen Axenwinkel β. In der folgenden Tabelle sind die krystallographischen Constanten noch einmal übersichtlich zusammengestellt.

	$a : c$	β	Neigung der optischen Axenebene gegen die c-Axe:
Magnesiumsalz	1 : 0,9129	$120^0\ 16'$	6^0
Mangansalz	1 : 0,91943	119 54	10
Zinksalz	1 : 0,91174	119 29	$8\frac{1}{2}$
Cadmiumsalz	1 : 0,91886	119 44	16
Kobaltsalz	1 : 0,91283	119 40	$5\frac{1}{2}$
Nickelkobaltsalz	1 : 0,91902	120 2	7
Nickelsalz	1 : 0,90763	120 9	1

*) Ich gebe die Formel an wie sie im Original steht; ob ein Doppelsalz der Nickel- und Kobaltverbindung oder Mischkrystalle vorliegen, ist aus dem Original nicht ersichtlich. Der Ref.

Zweite Reihe.

1. Rothe Arsenmolybdänsäure, $As_2O_5 18 MoO_3 + 28 H_2O$.

Die Krystalle wurden erhalten durch Verdunstenlassen der concentrirten Lösung über Schwefelsäure bei gewöhnlicher Zimmertemperatur.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$a : b : c = 0{,}9448 : 1 : 1{,}1382$.

$A =$	86° 59′ 14″	$\alpha =$	86° 48′ 15″ *)
$B =$	89 24 10	$\beta =$	91 13 20 *)
$C =$	122 39	$\gamma =$	122 39 55 *)

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{101\}'\bar{P}'\infty$, $\{\bar{1}01\},\bar{P},\infty$, $\{\bar{1}11\},P$ und $\{1\bar{1}1\}'P$. Kurzprismatisch nach der c-Axe; (100) herrscht gewöhnlich vor, (010) ist oft etwas gekrümmt.

	Gemessen:	Berechnet:
(100):(010) =	*57° 21′	—
(100):(101) =	*35 11	—
(010):(101) =	*65 33	—
(1$\bar{1}$1):(0$\bar{1}$0) =	*68 9	—
(101):($\bar{1}$01) =	*109 38	—
(1$\bar{1}$1):(101) =	46 29	46° 18′
(100):(1$\bar{1}$1) =	66 27	66 7
(0$\bar{1}$0):($\bar{1}$01) =	61 49	62 5,8
($\bar{1}$11):($\bar{1}$01) =	47 4	46 45,5
($\bar{1}$11):(010) =	71 19	71 16,5
($\bar{1}$01):($\bar{1}$00) =	35 20	35 11
(100):($\bar{1}$11) =	116 8	115 36,1
(1$\bar{1}$1):($\bar{1}$11) =	107 50	105 57,6

Farbe: Morgenroth. Die Auslöschungsrichtung auf (100) bildet einen Winkel von 83½° links oben mit der Kante (100):(010). Die eine optische Axe tritt durch (100), die andere durch (010) aus, die Ebene der optischen Axen steht fast senkrecht auf der c-Axe.

Undeutliche Spaltbarkeit nach (010).

2. Gelbe Arsenmolybdänsäure, $As_2O_5 18 MoO_3 + 38 H_2O$.

Die Krystalle wurden erhalten durch Verdunstenlassen einer concentrirten Lösung der Säure bei einer Temperatur von weniger als 8° C.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$a : b : c = 0{,}88 : 1 : 0{,}84$.

$A =$	98° 42′ 11″	$\alpha =$	100° 30′
$B =$	100 0 20	$\beta =$	101 36
$C =$	81 21 28	$\gamma =$	79 33

*) Anmerk. des Ref. Ich gebe diese Zahlen wieder, wie sie im Original stehen, bemerke aber dazu, dass dem Verf. beim Berechnen offenbar Fehler untergelaufen sind. Aus dem A, B und C, wie sie oben angegeben sind, berechnen sich nämlich für α, β und γ ganz andere Werthe, als sie der Verf. findet. Unter der Voraussetzung, dass A, B und C richtig sind, berechnet sich

$$\alpha = 86^0 2' 10'', \quad \beta = 87^0 21' 20'', \quad \gamma = 122^0 44' 20''.$$

Beobachtete Formen: {100}$\infty\bar{P}\infty$, {010}$\infty\breve{P}\infty$, {001}$0P$, {110}$\infty P'$, {0$\bar{1}$1}$'\breve{P}_,$. Dicktafelig nach der Basis; etwas nach der a-Axe verlängert. Es waren nur mikroskopische und Schimmermessungen möglich, da die Substanz sehr schnell an der Luft verwittert. Die Werthe für die ebenen Winkel α, β und γ wurden direct mit dem Mikroskope gemessen.

	Gemessen:	Berechnet:
(100):(010) =	99° 15′	98° 38,′5
(100):(001) =	—	79 59,7
(010):(001) =	83 30	81 17,8
(010):(110) =	*53 35	—
(001):(0$\bar{1}$1) =	*43 38	—

3. Arsenmolybdänsaures Natrium I, $3Na_2O, 3H_2OAs_2O_5 18MoO_3 + 21H_2O$.

Krystalle aus wässeriger Lösung.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,7144 : 1 : 1,7282;$$
$$\beta = 79^0 32'.$$

Beobachtete Formen: {100}$\infty P\infty$, {001}$0P$, {110}∞P, {111}$-P$, {$\bar{1}$11}$+P$, {101}$-P\infty$, {$\bar{9}$22}$\frac{9}{2}P\frac{9}{2}$. Prismatisch nach der Verticalaxe; Prisma und Basis herrschen vor, das Orthopinakoid und die Hemipyramiden sind meist nur schmal ausgebildet; das Hemidoma und die Hemipyramide {$\bar{9}$22} wurden je nur einmal beobachtet. Die Prismenflächen geben am Goniometer meist mehrere Bilder; einander entsprechende Winkel zeigten bei der Messung häufig Unterschiede bis zu 1°.

	Gemessen:	Berechnet:
(100):(001) =	*79° 32′	—
(110):(1$\bar{1}$0) =	*118 39	—
($\bar{1}$10):($\bar{1}\bar{1}$1) =	*105 50	—
(100):(110) =	59 14 — 59° 25′	59° 19,′5
(001):(111) =	58 44 — 59 18	58 58,7
(001):($\bar{1}$11) =	67 18 — 67 24	67 27,1
(1$\bar{1}$1):(111) =	95 31	95 30,3
(111):($\bar{1}$11) =	54 22 — 54 28	54 2,5
(001):(110) =	84 33 — 84 49	84 40,9
($\bar{1}$00):($\bar{9}$22) =	24 14	24 16,2
(001):(101) =	41 28	39 57,5
($\bar{1}$00):($\bar{1}$11) =	66 44 — 67 18	67 10,5
(110):(111) =	25 21 — 25 49	25 42,3
($\bar{1}\bar{1}$0):($\bar{1}\bar{1}$1) =	27 5	27 52

Farbe schwefelgelb; lebhafter Glanz. Die Auslöschungsrichtung auf den Prismenflächen bildet mit der Kante (110):(1$\bar{1}$0) von unten einen Winkel von 30°.

Spaltbar nach dem Orthopinakoid.

4. Arsenmolybdänsaures Natrium II,
$3Na_2O.3H_2OAs_2O_5.18MoO_3 + 27H_2O$.

Die Krystalle wurden erhalten durch mehrwöchentliches Stehenlassen einer ·ttigten Lösung des vorher beschriebenen, wasserreicheren Salzes.

Krystallsystem: Hexagonal.

$a : c = 1 : 0,7475.$

Beobachtete Formen: Das Prisma $\{10\bar{1}0\}\infty P$ und die Pyramide $\{10\bar{1}1\}P$.

	Gemessen:	Berechnet:
$(10\bar{1}0):(10\bar{1}1) =$	*49° 12′	—
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$	38 5	38° 8,′3
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}0) =$	70 42	70 55,8
$(10\bar{1}1):(\bar{1}011) =$	81 39	81 36

Farblos, die Flächen geben gute Reflexe.

5. Arsenmolybdänsaures Kalium I, $K_2O, 5H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 21H_2O$.

Die Krystalle wurden erhalten durch Verdunstenlassen einer Mischung von Arsenmolybdänsäurelösung und kohlensaurem Kalium über Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur.

Krystallsystem: Hexagonal-rhomboëdrisch.

$a : c = 1,2066.$

Beobachtete Formen: $\{02\bar{2}1\}-2R$ und $\{10\bar{1}1\}+R$; letzteres nur als schmale Abstumpfung. Scharfe Bilder gaben nur die Flächen von $-2R$.

	Gemessen:	Berechnet:
$(2\bar{2}01):(02\bar{2}1) =$	*109° 12′	—
$(2\bar{2}01):(10\bar{1}1) =$	54 34	54° 36′
$(10\bar{1}1):(\bar{1}101) =$	89 22	89 25,7
$(2\bar{2}01):(20\bar{2}\bar{1}) =$	70 48	70 48

Farbe: Schwefelgelb.

6. Arsenmolybdänsaures Kalium II, $3K_2O.3H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 25H_2O$.

Die Krystalle scheiden sich unter denselben Bedingungen wie das oben beschriebene Salz neben diesem aus.

Krystallsystem: Hexagonal.

$a : c = 1 : 0,7573.$

Beobachtete Formen: $\{10\bar{1}0\}\infty P$, $\{10\bar{1}1\}P$ und untergeordnet $\{0001\}0P$. Isomorph mit dem oben beschriebenen Natriumsalz II, obwohl dies letztere nach der Analyse 27 Mol. Krystallwasser enthält.

	Gemessen:	Berechnet:	Am *Na*-Salz II beobachtet:
$(10\bar{1}0):(10\bar{1}1) =$	*48° 50′	—	49° 12′
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$	38 32	38° 25,′9	38 5
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}0) =$	70 51	70 47,1	70 42
$(10\bar{1}1):(\bar{1}011) =$	82 15	82 20	81 39
$(10\bar{1}1):(0001) =$	41 8	41 10	—

Farblos, glasglänzend.

7. Arsenmolybdänsaures Lithium, $3Li_2O.3H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 31H_2O$.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a : b : c = 1,2982 : 1 : 0,8381;$
$\beta = 101° 27' 45''.$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, $\{110\}\infty P$, $\{011\}\mathring{R}\infty$. Kurzprismatisch; Prisma und Klinodoma herrschen vor.

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0) =$	*103° 40′	—
$(011):(0\bar{1}1) =$	*78 48	—
$(100):(011) =$	*81 10	—
$(100):(110) =$	51 57	51° 50′
$(110):(011) =$	53 31	53 33,8

Die optische Axenebene ist zur Symmetrieebene senkrecht und bildet mit der c-Axe einen Winkel von 86° im stumpfen Winkel β. Durch das Orthopinakoid sieht man die Axen und die spitze Bisectrix, um welche die Doppelbrechung positiv ist. Dispersion $\varrho > v$. Axenwinkel im Glase des Adams'schen Axenwinkelapparates (n des Glases = 1,7782 für Na-Licht).

$2H_a = 62° 44'$ für Na-Licht
63 11 - Li- -

8. Arsenmolybdänsaures Ammonium,
$2(NH_4)_2O.4H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 13H_2O$.

Die Krystalle wurden erhalten durch langsames Verdunstenlassen einer aus gleichen Molekülen Ammoniumcarbonat und rother Arsenmolybdänsäure dargestellten Lösung über Schwefelsäure. Neben dem zu beschreibenden scheidet sich ein anderes, nicht näher untersuchtes, farbloses, mikroskopisches Salz ab.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$a : b : c = 0,604 : 1 : 0,974$.

$A = 106° 22'$ $\alpha = 120° 32' 20''$ *)
$B = 120\ 56\ 13''$ $\beta = 129\ 39$ *)
$C = 105\ 34\ 23$ $\gamma = 120\ \ 9$ *)

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{110\}\infty P',$, $\{1\bar{1}0\}\infty' P$, $\{021\}2,\breve{P}'\infty$, $\{\bar{1}11\},P$. Der Habitus wechselt sehr, die Flächen in der Zone der Verticalaxe sind gewöhnlich gleich stark entwickelt und herrschen vor; von den Endflächen überwiegt immer eine, während die übrigen zurücktreten. Die Flächen waren gekrümmt und gaben schlechte Bilder.

	Gemessen:	Berechnet:
$(001):(1\bar{1}0) =$	*68° 45′	—
$(001):(110) =$	58 32	58° 0′,5
$(001):(021) =$	*48 6	—
$(010):(021) =$	25 3	25 32
$(010):(110) =$	*49 59	—
$(110):(1\bar{1}0) =$	55 32	55 38
$(001):(\bar{1}11) =$	72 36	74 21,8
$(110):(021) =$	42 56	42 32,4
$(021):(\bar{1}11) =$	59 58	61 22

*) Anm. des Referenten. Im Original stehen die Zahlen: $\alpha = 100° 1' 29''$, $\beta = 118° 19' 6''$, $\gamma = 98° 38' 17''$. Der Verf. hat bei der Berechnung der ebenen Winkel α, β und γ aus den von ihm gemessenen Flächenwinkeln eine falsche Formel benutzt, nämlich diejenige, welche dazu dient, aus den Axenwinkeln die Flächenwinkel A, B und C zu berechnen.

	Gemessen:	Berechnet:
$(\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}0)$ =	77° 6'	76° 6,'7
$(001):(010)$ =	*73 38	—
$(0\bar{1}0):(1\bar{1}0)$ =	*74 23	—
$(010):(\bar{1}11)$ =	62 20	62 30,4

Farbe: Schwefelgelb. Die Auslöschungsrichtung auf $(1\bar{1}0)$ bildet mit der Kante $(110):(1\bar{1}0)$ unten einen Winkel von 26°.

9. Arsenmolybdänsaures Thallium, $3Tl_2O.As_2O_5.18MoO_3$.

Krystalle aus dem Schmelzflusse.

Krystallsystem: Regulär.

Beobachtet wurde nur das Rhombendodekaëder $\{110\}\infty O$. Die Flächen waren meist etwas gekrümmt; die Abweichung der gemessenen Winkel von den berechneten betrug indessen immer weniger als 1°.

Farbe: Grünlichschwarz. Lebhafter Metallglanz.

10. Arsenmolybdänsaures Calcium, $3CaO.3H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 29H_2O$.

Die Krystalle wurden durch Eindunsten der Lösung neben Schwefelsäure erhalten.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,576 : 1 : 1,0764.$$

$A = 95°18'$	$\alpha = 95°12'40''$
$B = 96\ 12\ 20''$	$\beta = 96\ \ 7\ 48$
$C = 91\ \ 6\ 40$	$\gamma = 90\ 32\ 40$

Beobachtete Formen: $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{001\}0P$, $\{1\bar{1}0\}\infty,P$, $\{110\}\infty P',$, $\{10\bar{1}\},\bar{P},\infty$, $\{011\},\breve{P}'\infty$, $\{0\bar{1}1\}'\breve{P},\infty$, $\{101\}'\bar{P}'\infty$. Letztere Fläche wurde nur einmal beobachtet; vorherrschend sind das Brachypinakoid, die Basis und das Makrodoma $\{10\bar{1}\}$; die übrigen Formen treten nur klein auf.

	Gemessen:	Berechnet:
$(001):(010)$ =	*84° 42'	—
$(001):(110)$ =	*82 2	—
$(001):(1\bar{1}0)$ =	87 31	87° 14,'7
$(001):(\bar{1}01)$ =	*66 39	—
$(001):(101)$ =	57 14 ca.	57 0,3
$(101):(10\bar{1})$ =	56 7 ca.	56 20,7
$(010):(\bar{1}01)$ =	*88 24	—
$(001):(011)$ =	44 7	44 7,5
$(001):(0\bar{1}1)$ =	49 58	49 47
$(0\bar{1}1):(011)$ =	93 58	93 54,5
$(010):(011)$ =	40 34	40 34,5
$(010):(0\bar{1}1)$ =	45 18	45 51
$(010):(110)$ =	*59 16	—
$(110):(1\bar{1}0)$ =	59 43	59 47,8
$(0\bar{1}0):(1\bar{1}0)$ =	61 0	60 56,2
$(10\bar{1}):(110)$ =	42 36	42 53,3
$(110):(011)$ =	63 32	63 23,6
$(011):(\bar{1}01)$ =	73 47	73 50
$(0\bar{1}1):(\bar{1}01)$ =	75 19	74 46

Farbe: Schwefelgelb. Die Krystalle werden an der Luft schnell rissig und färben sich unter Trübung grünlich. Die Auslöschungsrichtung auf (001) bildet einen Winkel von $3\frac{1}{2}^0$ mit der a-Axe im spitzen Winkel γ.

11. Arsenmolybdänsaures Strontium, $3SrO.3H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 29H_2O$.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,58366 : 1 : 1,074.$$

$A = 95^0 47'$	$\alpha = 95^0 46' 18''$
$B = 96 \quad 4 \quad 36''$	$\beta = 96 \quad 3 \quad 56$
$C = 90 \quad 25 \quad 8$	$\gamma = 89 \quad 48 \quad 20$

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{1\bar{1}0\}\infty,'P$, $\{110\}\infty P',$, $\{101\}'\bar{P}'\infty$, $\{10\bar{1}\},\bar{P},\infty$, $\{011\},\breve{P}'\infty$, $\{0\bar{1}1\}'\breve{P},\infty$. Kurzprismatisch oder dicktafelig. Basis, Brachypinakoid und meist auch das Prisma (110) herrschen vor, $(1\bar{1}0)$ und (011) treten zurück und $(0\bar{1}1)$ ist immer nur sehr schmal.

Das Salz ist isomorph mit dem vorher beschriebenen Calciumsalz.

	Gemessen:	Berechnet:	Am *Ca*-Salz gemessen:
(001):(010) =	*84° 13′	—	84° 42′
(001):(110) =	*81 51	—	82 2
(001):(1$\bar{1}$0) =	87 39	87° 39,′2	87 31
(001):($\bar{1}$01) =	65 47	66 9,9	66 39
(001):(101) =	56 44	56 46,9	57 14 ca.
(101):(10$\bar{1}$) =	57 30	57 3,2	56 7 ca.
(001):(011) =	*43 50	—	44 7
(010):(011) =	40 25	40 23	40 34
(010):(110) =	*59 26	—	59 16
(110):(1$\bar{1}$0) =	*60 30,5	—	59 43
(0$\bar{1}$0):(1$\bar{1}$0) =	60 6	60 3,5	61 0
(10$\bar{1}$):(110) =	43 34	43 34	42 36
(110):(011) =	63 31	63 29,6	63 32
(011):($\bar{1}$01) =	73 3	72 56,7	73 47
(011):(101) =	66 50	66 50,7	—
(101):(1$\bar{1}$0) =	41 59	41 52,2	—
(1$\bar{1}$0):(0$\bar{1}\bar{1}$) =	71 17	71 17,1	—
(101):(110) =	37 24	37 33,2	—
(110):(01$\bar{1}$) =	72 32	73 12,5	—
(01$\bar{1}$):(1$\bar{1}$0) =	66 4	65 34,3	—
(1$\bar{1}$0):(10$\bar{1}$) =	39 24	39 21,1	—
(10$\bar{1}$):(01$\bar{1}$) =	74 21	75 4,6	75 19

Farbe: Schwefelgelb.

12. Arsenmolybdänsaures Kupfer, $3CuO.3H_2OAs_2O_5.18MoO_3 + 34H_2O$.

Krystallsystem: Hexagonal.

$$a : c = 1 : 1,3655.$$

Beobachtete Formen: Das Prisma $\{10\bar{1}0\}\infty P$ und die Pyramide $\{10\bar{1}1\}P$. Prismatisch ausgebildet.

	Gemessen:	Berechnet:
$(10\bar{1}0):(10\bar{1}1)$ =	*32° 23′	—
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1)$ =	49 58	49° 56,′8
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}0)$ =	65 1	65 1,5
$(10\bar{1}1):(\bar{1}011)$ =	115 16	115 14

Farbe: Grasgrün bis smaragdgrün.

13. Arsenmolybdänsaures Nickel, $3NiO.3H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 34H_2O$.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,7763 : 1 : 0,6571.$$

$A =$	87° 58′	$\alpha =$	90° 29′ 10″
$B =$	116 44 17″	$\beta =$	116 40 14
$C =$	84 30 45	$\gamma =$	84 52 44

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{001\}0P$, $\{1\bar{1}0\}\infty{,}P$, $\{110\}\infty P',$, $\{210\}\infty\bar{P}',2$, $\{3\bar{5}0\}\infty{,}\breve{P}\frac{5}{3}$, $\{111\}P'$, $\{0\bar{1}1\}{'}\breve{P},\infty$, $\{0\bar{2}1\}2'\breve{P},\infty$. Dicktafelförmig nach dem Brachypinakoid; ausserdem herrschen die beiden Hemiprismen (110) und $(1\bar{1}0)$, sowie die Basis (001) vor, die übrigen Flächen sind stets nur ganz schmal ausgebildet.

Die Krystalle sind sehr hygroskopisch.

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(010)$ =	*59° 0′	—
$(001):(110)$ =	*68 31	—
$(001):(1\bar{1}0)$ =	*68 4	—
$(001):(010)$ =	*92 2	—
$(001):(111)$ =	*34 0	—
$(110):(1\bar{1}0)$ =	69 58	69° 24,′8
$(0\bar{1}0):(1\bar{1}0)$ =	51 4	51 35,1
$(100):(010)$ =	95 6	95 29,3
$(100):(110)$ =	36 1	36 29,3
$(100):(1\bar{1}0)$ =	34 9	32 55,4
$(100):(210)$ =	18 37	19 39,2
$(010):(210)$ =	76 22	75 50,1
$(0\bar{1}0):(3\bar{5}0)$ =	39 26	39 13,1
$(0\bar{1}0):(0\bar{1}1)$ =	57 47	57 58,7
$(0\bar{1}0):(0\bar{2}1)$ =	40 58	39 27
$(0\bar{1}1):(0\bar{2}1)$ =	17 56	18 31,7
$(001):(0\bar{1}1)$ =	30 5	29 59,3
$(001):(0\bar{2}1)$ =	47 6	48 31

Farbe: Grasgrün. Durchsichtig. Die Auslöschungsrichtung auf (010) bildet einen Winkel von etwa 1° mit der c-Axe im stumpfen Winkel β.

Vollkommene Spaltbarkeit nach (010); diese Fläche zeigt Perlmutterglanz.

14. Arsenmolybdänsaures Kobalt, $3CoO.3H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 33H_2O$.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

Beobachtete Formen: $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{1\bar{1}0\}\infty{,}P$, $\{110\}\infty P',$, $\{001\}0P$, $\{0\bar{1}1\}{'}\breve{P},\infty$. Vorherrschend sind (001) und $(0\bar{1}1)$; die Krystalle haben ein linsenförmiges Aussehen. Bis auf (010) waren die Flächen rauh, gerundet und matt und gaben schlechte Bilder; (001) und $(0\bar{1}1)$ sind parallel der Axe a gestreift.

Das Salz ist isomorph mit dem Nickelsalz, und nimmt der Verf. die für dieses Salz berechneten Constanten an.

	Gemessen:	Am Nickelsalz berechnet:
(001):(010)	= 92° 30′ ca.	92° 2′
(010):(0$\bar{1}$1)	= 58 53	57 58,7
(010):(110)	= 57 7	59 0
(110):(1$\bar{1}$0)	= 70 12	69 24,8

Farbe: Nelkenbraun. Die Krystalle waren trübe.
Vollkommene Spaltbarkeit nach (010).

15. Arsenmolybdänsaures Zink, $3ZnO.3H_2O.As_2O_5.18MoO_3 + 34H_2O$.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

Auch für das Zinksalz nimmt der Verf. die Constanten des mit demselben isomorphen Nickelsalzes an, da die an ersterem gemessenen Winkel stark schwanken, die Mittelwerthe aber den entsprechenden am Nickelsalze beobachteten ziemlich nahe stehen.

Beobachtete Formen: {010}$\infty\breve{P}\infty$, {1$\bar{1}$0}$\infty{}'P$, {110}$\infty P'$, {001}$0P$, {0$\bar{1}$1}$'\breve{P}{,}\infty$. (1$\bar{1}$0) tritt meist zurück. Die Krystalle sind meist kurzsäulenförmig und gleichen denen des Kobaltsalzes. (001) und (0$\bar{1}$1) sind etwas gerundet.

	Gemessen:	Am Nickelsalz berechnet:
(001):(110)	= 68° 34′	68° 31′
(001):(1$\bar{1}$0)	= 68 20	68 4
(001):(010)	= 92 8	92 2
(110):(1$\bar{1}$0)	= 70 6	69 24,8
(0$\bar{1}$0):(1$\bar{1}$0)	= 50 14	51 35,1
(010):(110)	= 59 17	59 0
(0$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$1)	= 58 27	57 58,7
(0$\bar{1}$1):(011)	= 29 40	29 59,3

Farbe: Dunkelweingelb. Die Auslöschungsrichtung auf (010) bildet einen Winkel von ca. 1° mit der c-Axe im stumpfen Winkel β.

Vollkommene Spaltbarkeit nach (010).

Dem Verf. lagen noch die den drei zuletzt beschriebenen Salzen entsprechenden Verbindungen des Magnesiums, Mangans und Cadmiums vor. Dieselben sind mit jenen wahrscheinlich isomorph, doch konnte eine Messung wegen schlechter Beschaffenheit der Krystalle nicht vorgenommen werden.

Ref.: W. Muthmann.

XVI. Phosgenit von Monteponi.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Hierzu Tafel VII, Fig. 1—3 und 1 Textfigur.)

Durch die Güte meines Freundes Erminio Ferraris, Directors von Monteponi, bin ich im Besitz einer Anzahl prächtiger Phosgenitkrystalle von Monteponi, von denen einige, die Neues und Interessantes zeigen, hier beschrieben werden mögen. Die Mittheilung soll zugleich als ein Beispiel für die Anwendung des zweikreisigen Goniometers dienen*).

Krystall Nr. 1. Taf. VII, Fig. 1. An einem Ende ausgebildet. Höhe 7 mm, Breite 9 mm.

Beobachtete Formen:

c	b	m	l*	u	o	x	s
0	$\infty 0$	∞	$\frac{3}{2}\infty$	2∞	20	1	21
{001}	{100}	{110}	{320}	{210}	{201}	{111}	{211}

mit den Einzelflächen: c $b^1\, b^2\, b^3\, b^4$ $m^1\, m^2\, m^3\, m^4$ $l^1\; {}^1l\; l^2\; {}^2l\; l^3.\; l^4\; {}^4l$
$u^1\; {}^1u\; u^2\; {}^2u\; u^3\; {}^3u\; u^4\; {}^4u$ $o^1\, o^3\, o^4$ $x^1\, x^2\, x^3\, x^4$ $s^1\; {}^1s\; s^2\; {}^2s\; s^3\; {}^3s\; s^4\; {}^4s$

Die Flächen eben und gut spiegelnd. m stellenweise gestreift durch Combination mit l, u.

$l = \{320\} \frac{3}{2}\infty$ ist neu. Sie erscheint mit 7 von ihren 8 Flächen. l^1 ist breit, eben, gibt einfachen Reflex. Die übrigen geben ebenfalls einfachen Reflex, sind aber schmal.

Element $p_0 = 1{,}0886$ $a : c = 1 : 1{,}0886$ aus 27 Messungen.

Ausführliche Berechnung. Die Messung wurde mit dem in dieser Zeitschr. 1893, **21**, 210 beschriebenen zweikreisigen Goniometer ausgeführt. Wegen der Neuheit der Berechnung, sowie um deren einfachen Verlauf zu zeigen, möge das Beispiel ausführlicher gegeben werden.

---

*) Vergl. diese Zeitschr. 1893, **21**, 210.

Es bedeute im Folgenden:

Nr. = vorläufige Nummer der Fläche bis zur Feststellung ihres Buchstabens.

Buchst. = Buchstaben mit Signirung der Einzelflächen nach Index 1, 143.

v = Ablesung am Verticalkreis.

h = Ablesung am Horizontalkreis.

$\varphi = v - v_0$ = Längenwinkel (Verticalkreis).

$\varrho = h - h_0$ = Höhenwinkel (Horizontalkreis).

v_0 = Beginn der Zählung am Verticalkreis (Meridian).

h_0 = Beginn der Zählung am Horizontalkreis (Pol).

xy = die rechtwinkligen Coordinaten des Flächenpunktes.

pq = Symbolzahlen; p_0 = Element.

Das Nähere über vh, v_0h_0, $\varphi\varrho$, xy findet sich in der oben genannten Abhandlung über das zweikreisige Goniometer.

Nr.	Buchstaben	v	h	$\varphi = v - v_0 = v - 342^0 38$	$\varrho = h - h_0 = h - 83^0 17'$	Bei Prismen: lg tg φ bei anderen Flächen: lg sin φ lg tg ϱ lg cos φ	Bei Prismen: — bei anderen Flächen: lg x = lg (sin φ tg ϱ) lg y = lg (cos φ tg ϱ)	— x y	— lg p = lg (x : p_0) = x − 003687 lg q = lg (y : p_0) = x − 003687	$p:q$ = lg q p q	Symb. pq
6	b^1	342°31′	173°14′	—0° 7′	89°47′	$\bar{7}$24 188	—	—	—	—0,0017	0∞
5	o^1	342 38	148 36	0 0	65 19	— 033 762 0	— 033762	0 2,1758	— 030075	0 1,9987	0 2
4	s^1	9 12	150 54	26 34	67 37	965 054 038 528 995 154	003582 033683	1,0860 2,1758	999893 029996	0,9976 1,9951	1 2
7	u^1	9 12	173 14	26 34	89 57	969 900	—	—	—	0,5001	∞2
32	l^1	16 14	173 13	33 36	89 56	982 243	—	—	—	0,6644	∞$\frac{3}{2}$
8	m^1	27 24	173 12	44 46	89 55	999 646	—	—	—	0,9940	∞
3	x^1	27 36	140 13	44 58	56 56	984 923 018 638 984 974	003 561 003 612	1,0854 1,0868	999 884 999 925	0,9973 0,9983	1
33	^1l	38 50	173 13	56 12	89 56	017 429	—	—	—	1,4937	$\frac{3}{2}$∞
1	^1u	46 4	173 14	63 26	89 57	030 100	—	.	—	1,9999	2∞
2	^1s	46 4	150 54	63 26	67 37	995 154 038 528 965 054	033 682 003 582	2,1718 1,0860	029 995 999 895	1,9950 0,9976	2 1
30	b^2	72 35	173 16	89 57	89 59	305 945	—	—	—	1146,1	∞0
29	u^2	99 10	173 18	116 33	90 1	$\bar{0}$30 132	—	—	—	—2,0013	2$\bar{\infty}$
34	l^2	106 22	173 18	123 44	90 1	$\bar{0}$17 538	—	—	—	—1,4975	$\frac{3}{2}\bar{\infty}$
28	s^2	99 13	150 58	116 35	67 41	995 148 038 672 $\bar{9}$65 079	033 820 003 751	2,1788 1,0902	030 133 —000 064	2,0013 —1,0015	2 $\bar{1}$
		117 40	173 18	135 2	90 1	$\bar{9}$99 949	—	—	—	—0,9988	∞$\bar{\infty}$

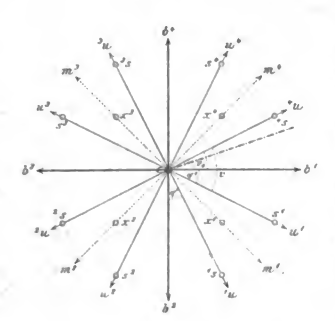
Nr.	Buchstabe	v	h	φ	ϱ	lg tg φ oder lg sin φ lg tg ϱ lg cos φ	— lg x lg y	— x y	— lg p lg q	$p:q$ p q	Symb. pq
35	^2l	129° 0′	173°16′	146°22′	89°59′	$\bar{9}$82 298	—	—	—	—0,6652	$\infty\bar{\frac{2}{3}}$
31	^2u	136 2	173 17	153 22	90 0	$\bar{9}$70 026	—	—	—	—0,5045	$\infty\bar{2}$
24	b^3	162 32	173 15	179 55	89 58	$\bar{7}$16 270	—	—	—	—0,0014	0∞
23	u^3	189 9	173 18	—153 29	90 1	969 805	—	—	—	0,4989	$\bar{\infty}\bar{2}$
25	^2s	136 3	150 57	153 25	67 40	965 079 038 636 $\bar{9}$95 129	003 715 $\bar{0}$33 765	1,0893 —2,1760	000 028 $\bar{0}$30 078	1,0006 —1,9988	$1\bar{2}$
26	x^2	117 36	140 17	134 58	57 0	984 974 018 748 $\bar{9}$84 923	003 722 $\bar{0}$03 671	1,0895 —1,0882	000 035 $\bar{9}$99 984	1,0008 —0,9996	$1\bar{1}$
22	o^3	162 43	148 32	—179 55	65 15	$\bar{7}$16 270 033 629 $\bar{0}$	$\bar{7}$49 899 $\bar{0}$33 629	—0,0033 —2,1691	$\bar{7}$46 212 $\bar{0}$29 942	—0,0029 —1,9926	$0\bar{2}$
20	s^3	189 18	150 57	—153 20	67 40	$\bar{9}$65 205 038 636 $\bar{9}$95 116	$\bar{0}$03 844 $\bar{0}$33 752	—1,0925 —2,1753	$\bar{0}$00 154 $\bar{0}$30 065	—1,0036 —1,9982	$\bar{1}\bar{2}$
21	m^3	207 50 207 36	173 18	—134 48 —135 2	90 1	000303 000051	—	—	—	1,0070 1,0012	$\bar{\infty}\bar{\infty}$
19	x^3	207 44	140 18	—134 54	57 1	$\bar{9}$85 024 018 776 $\bar{9}$84 873	$\bar{0}$03 800 $\bar{0}$03 649	—1,0944 —1,0876	$\bar{0}$00 113 $\bar{9}$99 962	—1,0026 —0,9991	$\bar{1}$
36	l^3	196 26	173 18	—146 12	90 1	982 571	—	—	—	0,6695	$\bar{\infty}\frac{2}{3}$
18	^3u	226 3	173 22	—146 35	90 5	030 068	—	—	—	1,9984	$\bar{2}\bar{\infty}$
17	^3s	226 12	151 0	—116 22	67 43	$\bar{9}$95 204 038 744 $\bar{9}$64 851	$\bar{0}$33 948 $\bar{0}$03 595	—2,1852 —1,0863	$\bar{0}$30 262 $\bar{9}$99 908	—2,0073 —0,9979	$\bar{2}\bar{1}$
15	o^4	252 17 253 4 251 54	148 42	—90 21 —89 34 —90 44	65 25	$\bar{0}$ 033 962 —	$\bar{0}$33 962 —	—2,1858 —	$\bar{0}$30 275 —	—2,0080 0	$\bar{2}0$
16	b^4	252 40	173 21	—89 58	90 4	$\bar{3}$23 524	—	—	—	—1794,..	$\bar{\infty}0$
11	s^4	279 18	151 0	—63 20	67 43	$\bar{9}$95 116 038 744 965 205	$\bar{0}$33 860 003 949	—2,1807 1,0952	$\bar{0}$30 173 000 262	—2,0032 1,0060	$\bar{2}1$
14	u^4	279 18	173 18	—63 20	90 1	$\bar{0}$29 941	—	—	—	—1,9942	$\bar{2}\infty$
10	x^4	297 43	140 19	—44 55	57 2	$\bar{9}$84 885 048 804 985 012	$\bar{0}$03 689 003 846	—1,0886 1,0918	$\bar{0}$00 002 000 129	—1,0000 1,0030	$\bar{1}1$
37	l^4	286 42	173 18	—55 56	90 1	$\bar{0}$16 992	—	—	—	—1,479	$\bar{\frac{3}{2}}\infty$
13	m^4	(297 43)	(173 18)	—44 55	90 1	$\bar{9}$99 874	—	—	—	—0,9971	$\bar{\infty}\infty$
38	^4l	309 6	173 15	—33 32	89 58	$\bar{9}$82 133	—	—	—	—0,6627	$\bar{\infty}\frac{2}{3}$
9	^4s	316 6	150 54	—26 32	67 37	$\bar{9}$65 003 038 528 995 467	$\bar{0}$03 531 033 695	—1,0847 2,1725	$\bar{9}$99 844 030 008	—0,9964 1,9956	$\bar{1}2$
12	^4u	316 8	173 18	—26 30	90 1	$\bar{9}$69 774	—	—	—	—0,4986	

Commentar zur Berechnung.

Mittelwerth von v_0. Wir erkennen aus den Winkeln, wie an der Lage der Flächen, als zu einer Gesammtform gehörig:

Nr.	Buchstabe	v	h	Nr.	Buchstabe	v	h	Nr.	Buchstabe	v	h
6	b^1	342° 31′	173° 14′	8	m^1	27° 24′	173° 12′	7	u^1	9° 12′	173° 14′
30	b^2	72 35	173 16	27	m^2	117 40	173 18	1	^1u	46 4	173 14
24	b^3	162 32	173 15	21	m^3	(207 43)	173 18	29	u^2	99 10	173 18
16	b^4	252 40	173 21	13	m^4	297 43	173 18	31	^2u	136 2	173 17
5	o^1	342 38	148 36	3	x^1	27 36	140 13	23	u^3	189 9	173 18
—	o^2	—	—	26	x^2	117 36	140 17	18	^3u	226 3	173 22
22	o^3	162 43	148 32	19	x^3	207 44	140 18	14	u^4	(279 18)	(173 18)
15	o^4	(252 25)	148 42	10	x^4	297 43	140 19	12	^4u	316 8	173 18

Nr.	Buchstabe	v	h	Nr.	Buchstabe	v	h
4	s^1	9° 12′	150° 54′	32	l^1	16° 14′	173° 13′
2	^1s	46 4	150 54	33	^1l	38 50	173 13
28	s^2	99 13	150 58	34	l^2	106 22	173 18
25	^2s	136 3	150 57	35	^2l	129 0	173 16
20	s^3	189 18	150 57	36	l^3	196 26	173 18
17	^3s	226 12	151 0	—	^3l	—	—
11	s^4	279 18	151 0	37	l^4	286 42	173 18
9	^4s	316 6	150 54	38	^4l	309 6	173 15



Die l sind am ungünstigsten ausgebildet. Sie wurden deshalb von der Bestimmung von v_0 ausgeschlossen, ausserdem die v Werthe von $o^4\, m^3\, u^4$ wegen Unsicherheit. o^4 ist etwas gerundet, m^3 gestreift, giebt zwei Reflexe. Wir wollen den ersten Meridian durch 6,5 = $b^1 o^1$ legen, dann ist v_0 angenähert = 342° 31′, 342° 38′, denn es soll ja für b^1 und o^1 $\varphi = v - v_0 = o$ werden. Zur Gewinnung von v_0 wollen wir für die Flächen jeder Gesammtform das Mittel bilden, diese vergleichen und dann aus ihnen gemeinsam das Mittel nehmen.

Aus den b. Es soll $\varphi = v - v_0$ für $b^1 = o$, für $b^2 = 90°$, ... werden.

342° 31′, 35, 32, 40. Im Mittel 342° 34′,5.

Aus den o 342° 38′,43. Im Mittel 342° 40′,5.

Aus den m. Für m^1, x^1 ist $v_0 = v^1 - 45$, $27^0 24',\!40, 43$. Im Mittel $27^0 35',\!7$; daraus. $v_0 = v - 45$ im Mittel $342^0 36'$.

Aus den x: $27^0 36'$, $36, 44, 43$, im Mittel $27^0 39',\!7$ $v_0 = v - 45$ im Mittel $342^0 39',\!7$.

Aus den s. Wir können $s^1\, {}^1s$ zur Bildung eines v_0 zusammenfassen. Es ist nach Fig. 1:

$$\left.\begin{array}{l}\text{für } s^1:\; v^1 = v_0 + \varphi^1 \\ \;,,\;\; {}^1s:\; {}^1v = v_0 + 90 - \varphi^1\end{array}\right\} \quad v_0 = \frac{v^1 + {}^1v - 90}{2} = 360 - 45 + \frac{v^1 + {}^1v}{2}$$

$$= 315 + \tfrac{1}{2}(9^0 12' + 46^0 4') = 342^0 38'$$

$$v_0 = 360 - 135 + \tfrac{1}{2}(v^2 + {}^2v) = 342^0 38'$$
$$v_0 = 360 - 225 + \tfrac{1}{2}(v^3 + {}^3v) = 342^0 45'$$
$$v_0 = 360 - 315 + \tfrac{1}{2}(v^4 + {}^4v) = 342^0 42'. \quad \text{Im Mittel: } 342^0 40',\!7.$$

Aus den u ebenso

$$\text{aus } u^1\,{}^1u:\; v_0 = 360 - 45 + \tfrac{1}{2}(u^1 + {}^1u) = 342^0 38'$$
$$,,\;\; u^2\,{}^2u: \qquad 342^0 36'$$
$$,,\;\; u^3\,{}^3u: \qquad 342^0 46'. \quad \text{Im Mittel: } 342^0 36',\!6$$

Gesammtmittel. Mit Rücksicht auf die Zahl der Flächen erhalten wir, indem wir 342^0 nicht mitschreiben:

$$\begin{array}{ll} 4b = 4 \times 34{,}5 = 138 & 4x = 4 \times 39{,}7 = 159 \\ 2o = 2 \times 40{,}5 = 91 & 8s = 8 \times 40{,}7 = 326 \\ 3m = 3 \times 35{,}7 = 107 & 6u = 6 \times 36{,}6 = 220 \end{array}$$

Im Mittel $v_0 = 342^0 38'$.

Mittelwerth von h_0. h_0 ist die Ablesung für den Verticalkreis V in Polstellung*). In unserem Fall $h_0 = 83^0 18'$. Ist die Prismenzone tadellos ausgebildet und genau eingestellt, was bei dicken Krystallen wegen der wechselnden Centrirung nicht leicht ist, so können wir mit diesem h_0 rechnen. Ist dies nicht der Fall, so wird die Rechnung genauer, wenn wir aus den Ablesungen h der Prismen -90^0 das Mittel nehmen. Differirt das Mittel stark von dem h_0 der Polstellung, so ist die Einstellung der Prismenzone zu revidiren, eventuell die Messung zu wiederholen.

Wir lassen das unsichere u^4 und die l weg und erhalten aus:

$$173^0 + 14,\ 16,\ 15,\ 21,\ 12,\ 18,\ 18,\ 18,\ 14,\ 14,\ 18,\ 17,\ 18,\ 22,\ 18$$
$$\text{im Mittel } h_0 = 173^0 17' - 90^0 = 83^0 17'.$$

Weitere Ausrechnung. Nachdem $v_0 = 342^0 38'$, $h_0 = 83^0 17'$ festgestellt ist, bilden wir $\varphi = v - 342^0 38'$, $\varrho = h - 83^0 17'$. Für φ, $\varrho > 180^0$ schreiben wir $-(360^0 - \varphi)$, $-(360^0 - \varrho)$, z. B. $-163^0 40'$ für $196^0 20'$. Das vermehrt die Uebersichtlichkeit.

Die Berechnung von $x = \sin\varphi \operatorname{tg}\varrho$, $y = \cos\varphi \operatorname{tg}\varrho$ in den folgenden Columnen bedarf keiner Erläuterung. Für die Prismen, d. h. für $\varrho = 90^0$, werden $x, y = \infty$, es ist also nur das Verhältniss $x : y = \operatorname{tg}\varphi$, die Richtung nach dem Projectionspunkt, zu berechnen.

Element p_0. Wir bemerken unter den x, y ausser o nur zwei verschiedene Werthe $1{,}08\ldots$ entsprechend p_0 und $2{,}17\ldots.$ entsprechend $2p_0$, nämlich:

*) Vergl. diese Zeitschr. 1893, **21**, 215.

1,0860	1,0902	1,0925	1,0952	2,1758	2,1760	2,1858
854	893	914	886	758	691	807
868	895	876	918	717	753	725
860	882	863	847	788	852	
Mittel: 1,0887				½ Mittel. 1,0885		

Darnach setzen wir $p_0 = 1,0886$, $\lg p_0 = 003687$.

Symbol pq. Buchstaben. Jedem $\lg x$, $\lg y$ wird 003687 abgezogen. So erhalten wir $\lg p$, $\lg q$; der Numerus giebt pq. Für die Prismen ist $p : q = \lg \varphi$. Der Ort ist für sie nicht genau bestimmt, vielmehr so, als sei ϱ genau $= 90^0$. Soll der genaue Ort der Prismenpunkte untersucht werden, so sind zwei Axen zu vertauschen, so dass die Prismenzone zur Domenzone po oder oq wird. Die pq kommen rationalen Zahlen nahe, sie geben auf solche abgerundet das Symbol. Bei dessen Anschreiben ist das Vorzeichen zu revidiren. Dazu hilft $\measuredangle \varphi$, der den Oktanten angiebt, in dem der Punkt liegt.

Das Ausrechnen des Symbols ist in einer Zeile und zwar für jede Form durch dieselbe Operation erledigt. Nachdem das Symbol festgestellt ist, erfolgt Eintragen in's Projectionsbild und Anschreiben der Buchstaben. Aus dem Projectionsbild sind nach Proj. S. 81 und diese Zeitschr. 1891, **19,** 352 die Figuren zu zeichnen.

Berechnete Winkel und Coordinaten φ, ϱ, x, y. Es ist:

$$\operatorname{tg} \varphi^1 = p : q, \quad \operatorname{tg} \varrho^1 = p_0 \sqrt{p^2 - q^2}, \quad x^1 = p p_0, \quad y_0 = q p_0, \quad p_0 = 1,0886,$$
$$\lg p_0 = 003687 .$$

Wir haben nur für einen Oktanten pq^1 die $\varphi \varrho x y$ zu berechnen.

Ausrechnung.

Buchstabe	Symbol	$\operatorname{tg} \varphi^1$	$\operatorname{tg} \varrho^1$	$\lg \operatorname{tg} \varphi^1$	$\lg \sqrt{\ }$	$\lg \operatorname{tg} \varrho^1$	φ^1	ϱ^1	x	y
b	0∞	0	∞	—	.	.	0^0	90^0	0	∞
u	$\infty 2$	$\frac{1}{2}$	∞	969 897	.	.	$26^0 33',9$	90	∞	2∞
l	$\infty\frac{3}{2}$	$\frac{2}{3}$	∞	982 394	.	.	33 41,4	90	∞	$\frac{3}{2}\infty$
m	∞	1	∞	0	.	.	45^0	90	∞	∞
o	0 2	0	$p_0\sqrt{4}$	—	030 103	033 790	0^0	$65^0 49',8$	0	$2p_0$
x	1	1	$p_0\sqrt{2}$	0	015 151	018 738	45	56 59,6	p_0	p_0
s	1 2	$\frac{1}{2}$	$p_0\sqrt{5}$	969 897	034 948	038 635	$26^0 33',9$	67 40,0	p_0	$2p_0$

Krystall Nr. 2. Taf. VII, Fig. 2. An beiden Enden ausgebildet. Höhe 5 mm, Breite 16 mm.

Beobachtete Formen:

c	b	m	u	o	x	s	p
0	$\infty 0$	∞	2∞	20	1	21	$3\frac{3}{2}$
{001}	{100}	{110}	{210}	{201}	{111}	{211}	{632}

mit den Einzelflächen:

$c\ \underline{c}$ $\quad b^1\, b^4$ $\quad m^1\, m^2.\, m^4$ $\quad u^1\, {}^1u\, u^2\, {}^2u\, u^3.\, u^4\, {}^4u$

$o^2\, o^4\, \underline{o}^1$ $\quad x^1\, x^2\, x^4\, \underline{x}^4$ $\quad s^1\, {}^1s\, s^2\, s^4\, {}^2\underline{s}\, {}^3\underline{s}$ $\quad p^1\, p^2\, p^4\, {}^2\underline{p}\, {}^3\underline{p}\, {}^4\underline{p}$

Element. $p_0 = 1,0892$; $a : c = 1 : 1,0892$. Aus 17 Messungen.

$p = 3\frac{3}{2}\{632\}$ ist neu. Die Form ist vollkommen gesichert durch die Messungen, die Zone *cspu* und durch die Wiederholung in sechs Einzelflächen. Die Flächen p eben, ${}^{3}\underline{p}$ breit, die übrigen schmal, die p stets breiter als darüber liegenden s.

Berechnete Winkel für p:

$$\text{tg}\,\varphi^1 = \tfrac{1}{2}; \quad \varphi^1 = 26^0 34'; \quad \text{tg}\,\varrho^1 = \tfrac{3}{2} p_0 \sqrt{5}; \quad \varrho^1 = 74^0 41'.$$

Beobachtet: entsprechend

	φ	ϱ	φ^1	ϱ^1
p^1	27⁰22′	75⁰15′	27⁰22′	75⁰15′
p^2	116 55	75 2	26 55	75 2
p^4	—63 31	75 25	26 29	75 25

entsprechend

	φ	ϱ	φ^1	ϱ^1
${}^{2}\underline{p}$	—26⁰48′	103⁰56′	26⁰48′	76⁰ 4′
${}^{3}\underline{p}$	63 25	105 7	26 35	74 53
${}^{4}\underline{p}$	153 18	105 3	26 42	74 57

Krystall Nr. 3. Taf. VII, Fig. 3. An beiden Enden ausgebildet. Höhe 4 mm, Breite 10 mm.

Beobachtete Formen: $c\ m\ u\ x\ s$

mit den Einzelflächen: $c\ \underline{c}\quad m^1\ m^2\ m^4\quad u^1\ {}^{1}u\ u^2\ {}^{2}u\ {}^{3}u\ u^4\ {}^{4}u$

$s^1 s^2 s^4\quad {}^{1}\underline{s}\ {}^{2}\underline{s}\ {}^{3}\underline{s}$

Ausserdem als Streifung auf den x: ${}^{1}s\ {}^{4}s\quad \underline{s}^2\ \underline{s}^3\ \underline{s}^4$.

Zur Elementbestimmung eignet sich der Krystall weniger als die andern. Die Flächen sind nicht ganz eben, die Reflexe zersplittert. Interessant an dem Krystall ist die Streifung auf den x und die Vertheilung der s-Flächen.

Mittelwerth von p_0 aus Nr. 1 und 2

$$\left.\begin{array}{l} 27 \times 1,0886 \\ 17 \times 1,0892 \end{array}\right\} \text{ im Mittel: } p_0 = 1,0888, \quad a : c = 1 : 1,0888.$$

Trapezoëdrische Hemiëdrie. Die Vertheilung der Flächen bei Krystall 2 und 3 entspricht der trapezoëdrischen Hemiëdrie, die bisher meines Wissens noch nicht durch Formenentwickelung nachgewiesen ist. Bei Krystall 2 folgen die Flächen p genau dem Hemiëdriegesetz, die s auch; nur haben wir oben ${}^{1}s$ als feine Linie ausgebildet. Bei Krystall 3 ist die Vertheilung genau nach dem Gesetz. Oben $s^1\ s^2\ s^4$, unten ${}^{1}\underline{s}\ {}^{2}\underline{s}\ {}^{3}\underline{s}$, das Andere ist abgebrochen. Die Streifung auf x liefert oben ${}^{1}s\ {}^{2}s\ {}^{4}s$, unten $\underline{s}^2\ \underline{s}^3\ \underline{s}^4$. Oben links, unten rechts ist an der schmalen Stelle von x jedesmal eine Streifenstufe etwas breiter und dort als s-Fläche messbar. In Fig. 3 ist auf den hinteren x-Flächen die Streifung fortgelassen, um das Bild nicht zu stören.

Die vermuthete Circularpolarisation konnte ich nicht nachweisen. Auch Herr Dr. Rönne, Assistent am physikalischen Institut, der die Güte hatte

eine Phosgenitplatte sorgfältig zu prüfen, konnte keine Lichtdrehung wahrnehmen. Die Aetzfiguren zeigten ebenfalls nicht die der trapezoëdrischen Hemiëdrie entsprechende Unsymmetrie. Auch sind andere Krystalle z. B. Nr. 1 holoëdrisch ausgebildet.

Trotz dieser Einwände gegen die trapezoëdrische Hemiëdrie ist die Formenvertheilung beachtenswerth; besonders da die Gesetzmässigkeit bei zwei Krystallen, von so verschiedenem Habitus wie Nr. 2 und 3 erfüllt ist, bei jedem in anderer Weise.

Heidelberg, Januar 1893.

XVII. Löthrohrbeschläge auf Glas.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Hierzu Tafel VII, Fig. 4—10.)

Bei Löthrohr-Untersuchungen werden Beschläge auf Kohle geblasen. Die Kohle ist zum Hervorbringen der Beschläge eine vortreffliche Unterlage, nicht so zum weiteren Untersuchen derselben. Mit Hilfe des Taf. VII, Fig. 4 dargestellten Apparates (Kohlenhalter) kann man die gleichen Beschläge auf Glasplättchen erzeugen.

Beschreibung und **Anwendung des Apparates***). Ein prismatisches Stück Holzkohle *K* wird in dem Halter zwischen die Backen *MM* und die Schraube *S* festgeklemmt. Dagegen wird ein kurzes Stück Holzkohle *k* mit dem Haken *h* angepresst. *h* wird durch die Feder *f* angezogen und durch Drücken auf den Knopf *N* gelöst. *k* hat eine schiefe Fläche, die man durch Reiben auf Schmirgel- oder Glaspapier anschleift. In die schiefe Fläche macht man eine kleine Vertiefung *v* zum Einlegen der Probe.

Auf *K* legt man ein Glasplättchen *G* z. B. einen Objectträger (eventuell ein grösseres Deckgläschen oder ein Glimmerstück), bringt die Probe in die Vertiefung *v* und bläst eine Flamme darauf. Es legen sich sublimirte Theile als Beschlag auf das Glas. Alle Beschläge, die man sonst auf Kohle macht, lassen sich so auf Glas herstellen. Um das Springen des Glases zu verhüten, erwärmt man es über der Spiritusflamme, bis das sich aus der Flamme anlegende Wasser wieder verschwunden ist. Nach dem Gebrauch reinigt man das Kohlenstückchen *k* durch Reiben auf Schmirgelpapier, das Glas durch Abwaschen. Zum Blasen der Beschläge ist eine Spirituslampe der Oellampe häufig vorzuziehen, da sie nicht russt.

*) Den Apparat (Kohlenhalter) liefert der Mechaniker P. Stoë in Heidelberg (Jubiläumsplatz 70) in guter Ausführung zum Preise von 4 Mk. 50 Pf. Derselbe versendet nach Wunsch auch die dazu gehörigen langen und kurzen Kohlen und Glasplättchen.

Vortheile. Dunkle Beschläge heben sich auf weissem Hintergrund ebensogut ab, wie helle auf schwarzem. So kann man durch Wahl des Hintergrundes die Farben besser wahrnehmen. Der Hauptvorzug ist jedoch, dass die Glasbeschläge sich weiter untersuchen lassen.

Untersuchung der Beschläge. Viele Beschläge unterscheiden sich nicht durch den Anblick nach Farbe oder sonstigen Eigenthümlichkeiten. So besonders die weissen. Sie lassen sich aber auf dem Glas manichfach weiter untersuchen. Die wichtigsten Arten der Untersuchung dürften folgende sein:

1) Ansehen unter dem Mikroskop.
2) Prüfen auf Flüchtigkeit, Schmelzbarkeit.
3) Umkrystallisiren durch Sublimation.
4) Prüfung auf Löslichkeit in Wasser, Säuren, Alkalien, Krystallisiren beim Eintrocknen dieser Lösungen.
5) Prüfen mit Reagentien. Makro- und mikrochemisch.
6) Abwischen des Beschlags. Reduciren mit oxalsaurem Kali oder Soda.

Um die Manichfaltigkeit der Erscheinung zu illustriren, mögen einige Beispiele folgen.

ad. 1. **Ansehen unter dem Mikroskop.** Nach Bedarf im polarisirten Licht.

Beispiele:

Arsenverbindungen, z. B. Arsenkies, weisser Beschlag aussen erdig, innen Oktaëder. Wärmt man das Glas vor, so fallen die Kryställchen grösser aus (s. Fig. 6 Taf. VII). Bei starker Hitze setzt sich am inneren Ende ein Theil der arsenigen Säure in Tröpfchen an, die unter Beibaltung der Tropfenform erstarren. Sie sind weniger flüchtig als die Kryställchen.

Antimonverbindungen, z. B. Antimonglanz. Auf der Kohle um die Probe Oktaëder (Senarmontit) und rhombische Nadeln (Valentinit). Auf dem Glas erdiges oder krystallinisches Pulver, am inneren Rand oft dicht aufeinandersitzende Oktaëder.

Bleiverbindungen, z. B. Cerussit. Gelber erdiger Beschlag, am inneren Rand oft Blättchen gelber Glätte, darauf manchmal ziegelrothe Kryställchen und Körnchen von rother Glätte.

Molybdänverbindungen, z. B. Molybdänglanz. Weisser pulveriger Beschlag, am inneren Rand Krystallnadeln von Molybdänsäure.

Chlorkupfer (Atakamit). Weisser Beschlag, innen flach aufliegende Krystallstäbchen, aussen pulverig (Nantokit). Beim Liegen an der Luft wird der Beschlag theilweise grün. Es bilden sich nadelförmige Krystalle von Atakamit (s. Fig. 7). Die breiten aufsitzenden Krystalle machen die Umwandlung von aussen nach innen durch. Ein hübsches, leicht verfolgbares Beispiel von Pseudomorphosenbildung.

Quecksilberverbindungen, z. B. Zinnober (in Oxydationsflamme). Grauer Beschlag aus lauter Kügelchen von Quecksilber bestehend. Beim Stehen vereinigen sich viele Kügelchen zu grösseren Kugeln.

Kalialaun, nach Austreiben des Wassers innen weisser Beschlag von schwefelsaurem Kali, aussen ölige Tröpfchen von Schwefelsäure.

Thallium. Weisser Beschlag von Thalliumoxyd, aussen braun. Schmilzt vor der Flamme und krystallisirt in Büscheln und sechsseitigen Tafeln aus (Fig. 10, Taf. VII).

ad 2. Prüfen auf Flüchtigkeit und Schmelzbarkeit und Veränderung durch die Flamme.

ad 3. Umkrystallisiren durch Sublimation.

Beispiele:

Arsenige Säure verflüchtigt sich beim Erhitzen des Glasträgers über der Spiritusflamme. Sie kann auf ein zweites Glas übersublimirt werden*). Das Sublimat besteht wieder aus Oktaëdern.

Quecksilber. Mit anderen Sublimaten z. B. dem weissen Antimonbeschlag gemischt, bildet bisweilen nicht deutliche Tropfen. Man kratzt den Beschlag zusammen und sublimirt. Die Tröpfchen erscheinen nun deutlich.

Molybdänsäure. Der weisse Beschlag wird durch Berühren mit einer schwachen Reductionsflamme tief blau; durch schwache Oxydationsflamme wieder weiss. Der Versuch gelingt auch auf Kohle, doch ist das Blau auf dem Glas deutlicher, besonders über weisser Unterlage.

Tellurige Säure. Der weisse Beschlag schmilzt vor einer starken Oxydationsflamme zu Tröpfchen, die glasig erstarren (Fig. 8, Taf. VII).

Zum Erhitzen der Gläser sowie zur Sublimation eignet sich eine Doppelzange (Fig. 5, Taf. VII). Durch das seitliche Fassen sowie das Nachgeben der Zangenarme ist ein freies Ausdehnen des Glases ermöglicht und dadurch das Springen verhindert.

ad 4. Löslichkeit in Wasser, Säuren, Alkalien, Krystallisiren beim Eintrocknen der Lösungen.

Beispiele:

Chlornatrium, Chlorkalium. Weisser Beschlag. Setzt man in Tröpfchen Wasser zu, so löst sich der Beschlag und krystallisirt beim Eintrocknen. Es bilden sich Wachsthumsgestalten des regulären Systems, daneben Würfel und Pyramidenwürfel (s. Fig. 9).

Schwefelsaures Kali. Ebenso. Es bilden sich sechsseitige Täfelchen, Stäbchen und Nadeln.

Zinkbeschlag. Weiss. In einem Tröpfchen Salzsäure gelöst beim Eintrocknen über der Flamme krystallisirt in Nadeln und radialstengligen Aggregaten. Zerfliesst an der Luft.

Chlorkupfer. Der Beschlag in einem Tropfen Ammoniak gelöst, scheidet beim Eintrocknen blaue Kryställchen ab.

ad 5. Prüfung mit Reagentien.

a. Makrochemisch. Farbenänderung.

Beispiele:

Schwefelnatrium (Schwefelleber) dem Schwefelammon und Schwefelwasserstoff meist vorzuziehen, weil es in fester Form sich unverändert leicht aufbewahrt.

---

*) Preis bei P. Stoë in Heidelberg 2 Mk.

Im Gebrauch eine kleine Menge in Wasser gelöst auf den Beschlag gesetzt. Es werden die Beschläge von

Arsen, Cadmium gelb, **Antimon** rothgelb, **Blei, Chlorkupfer, Tellur, Molybdän** schwarz, **Zink, Zinn** unverändert u. s. w.

Ferrocyankalium als Reagens fest aufbewahrt.

Beschlag von **Chlorkupfer** wird braunroth.

b. Mikrochemisch. Krystallisationen unter dem Mikroskop.

Die Beschläge sind vorbereitet für die manichfachen mikrochemischen Untersuchungen, wie sie von Streng, Behrens, Haushofer, Renard, O. Lehmann u. A. ausgearbeitet sind.

Krystallogenetische Beobachtungen. Die Beschläge selbst als Sublimationsproducte, die Neubildungen daraus durch Umsublimiren und Umkrystallisiren mit Lösungsmitteln und Reagentien, die Umsetzung fertiger Krystalle (Pseudomorphosen) gewähren bei mikroskopischer Beobachtung manche Einblicke in die Bildungsweise der Krystalle.

Zur Erkennung kommen freilich nur solche Stoffe, die vor dem Löthrohr sublimirt werden können. Oft kann man jedoch Stoffe durch geeignete Zusätze in eine flüchtige Form bringen. Es wird die Aufgabe des Ausbaues dieser Untersuchungsmethode sein, für die verschiedenen Körper geeignete Verflüchtigungsmittel zu finden. Nicht bei allen wird dies gelingen, aber bei vielen.

Die Fig. 6—10, Taf. VII geben Beispiele von der Eigenart und Manichfaltigkeit der Beschläge.

Zusatz von Herrn A. Streng in Giessen.

Als Herr Goldschmidt die Güte hatte, mir seine vortreffliche, hier beschriebene Untersuchungsmethode zu zeigen, erkannte ich sofort, welcher manichfaltigen Anwendung sie fähig sei. Zunächst dachte ich an die Bestimmung des Zinks vor dem Löthrohr, die nicht ganz leicht ist, da auch andere Körper weisse Beschläge geben und die gelbe Farbe des Zinkbeschlags nur in der Hitze sichtbar ist, durch die Asche der Kohle aber oft verdeckt wird. Nun giebt es eine sehr scharfe mikrochemische Methode zur Bestimmung der ganzen Magnesiumgruppe, nämlich des *Mg*, *Zn*, *Fe*, *Mn*, *Cu*, *Co* und *Ni*, welche sämmtlich durch Versetzen mit essigsaurem Uranylnatrium und mit essigsaurem Uranyl die auf S. 75 der Anleitung zum Bestimmen der Mineralien von Fuchs, 3. Auflage abgebildeten Krystalle geben. Zur Erkennung der genannten Metalle kann diese Methode jedoch nicht benutzt werden, weil alle diese Metalle die gleiche Reaction geben. Da aber das Zink von dieser Gruppe der einzige vor dem Löthrohr flüchtige [Kör]per ist, der einen weissen Beschlag giebt, so würde die Reaction, ange[wan]dt auf den nach Goldschmidt's Methode dargestellten Zinkbeschlag

auf Glas eine vortreffliche Methode zur qualitativen Bestimmung kleiner Mengen von Zink sein.

Das Verfahren wäre folgendes: der weisse Zinkbeschlag auf Glas wird in Essigsäure gelöst. Nach Zusatz von sehr wenig essigsaurem Uranyl-Natrium löst man dieses auf und fügt in der Mitte des Tropfens etwas festes reinstes Uranylacetat zu und lässt langsam verdunsten. Bei Anwesenheit von Zink entstehen rings um das Uranylacetat die rhomboëdrischen Krystalle von $Na\,C_2H_3O_2 . UO_2 . C_4H_6O_4 + Zn\,C_4H_6O_4 . 2\,UO_2 . C_4H_6O_4 + 9\,H_2O$, welche am angegebenen Orte auf S. 74 beschrieben und S. 75 abgebildet sind. Cadmium giebt einen rothbraunen bis orangegelben Beschlag und mit den Uranylsalzen dieselben rhomboëdrischen Krystalle, wie Zink.

A. Streng.

XVIII. Mittheilungen aus dem mineralogischen Institut der Universität Strassburg.

18. Topas von Japan.

Von

A. Hahn in Strassburg.

(Mit 3 Textfiguren.)

Die Topase von Japan, welche mir zur Untersuchung vorlagen, rühren von zwei Fundorten her, die beide in der Provinz Mino liegen. Die vier grösseren und schöneren Krystalle, welche das Institut Herrn Wada, dem Professor der Mineralogie an der Universität in Tokio verdankt, stammen von Nakatsugawa, die beiden kleineren, welche käuflich erworben wurden, angeblich von Tokayawamura, Yenagori. Alle sind farblos und durchsichtig, aber nach Wada (s. diese Zeitschr. **11**, 441) sollen bei Nakatsugawa als Seltenheit auch meergrüne Exemplare vorkommen. Vermuthlich stammen diese Krystalle, ebenso wie die von Wada beschriebenen, bei Otaniyama an der Grenze der Provinz Omi nahe der Stadt Kioto gefundenen, aus pegmatitischen Gängen im Granit. An den von mir untersuchten Krystallen sind, wenn wir die von Kokscharow vorgeschlagene Aufstellung beibehalten, folgende Formen vertreten:

zwei Pyramiden: $o = \{111\} P$, $u = \{112\} \frac{1}{2}P$;
zwei Brachydomen: $f = \{011\} \breve{P}\infty$, $y = \{021\} 2\breve{P}\infty$;
ein Makrodoma: $d = \{101\} \bar{P}\infty$;
acht Prismen: $M = \{110\} \infty P$, $O = \{560\} \infty\breve{P}\frac{6}{5}$, $\{20.21.0\} \infty\breve{P}\frac{21}{20}$, $m = \{230\} \infty\breve{P}\frac{3}{2}$, $\{350\} \infty\breve{P}\frac{5}{3}$, $\lambda = \{470\} \infty\breve{P}\frac{7}{4}$, $l = \{120\} \infty\breve{P}2$, $\pi = \{250\} \infty\breve{P}\frac{5}{2}$,
und das Brachypinakoid: $b = \{010\} \infty\breve{P}\infty$.

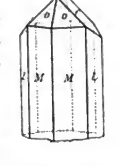
Die gemessenen Winkel stimmen mit den von Kokscharow berechneten überein und konnte deshalb von einer Berechnung des Axenverhältnisses abgesehen werden.

Die optische Untersuchung ergab folgende Resultate:

	β	γ	$2H_a$	$2V$ ber.	$2E$ ber.	$2E$ gem.
Natrium	1,6182	1,6252	69° 43′	62° 40′	114° 36′	114° 31′
Thallium	1,6206	1,6277	68 57	62 2	113 16	113 43

1. Combination: $\{110\}\infty P$, $\{120\}\infty\breve{P}2$, $\{111\}P$, $\{011\}\breve{P}\infty$ (Fig. 1).

Fig. 1.

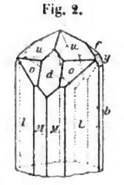


Die Krystalle dieser Combination — zwei von Nakatsugawa und zwei von Tokayawamura — sind verhältnissmässig dünn säulenförmig in der Richtung der Verticalaxe ausgebildet und messen in dieser durchschnittlich $1\frac{1}{2}$ cm. Sie zeigen zuweilen Spaltungssprünge nach der Basis. In der Prismenzone herrschen $\{110\}\infty P$ und $\{120\}\infty\breve{P}2$, welche glatt, glänzend und wenig gestreift sind, vor; daneben treten noch klein die Flächen von $\{560\}\infty\breve{P}\frac{6}{5}$ und $\{470\}\infty\breve{P}\frac{7}{4}$ auf. Die Pyramide $\{111\}P$ und das Brachydoma $\{011\}\breve{P}\infty$ sind ziemlich gleichmässig entwickelt, beide zeigen ähnliche Aetzerscheinungen, wie sie Laspeyres (diese Zeitschr. **1**, 354) beschrieben hat. Bald sind die Flächen von P, bald die der Brachydomen stärker angegriffen. Auch an allen übrigen mir vorliegenden Krystallen aus Japan lassen sich solche Corrosionen beobachten.

Winkel:	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0)$	= 55° 45′	55° 43′
$(120):(1\bar{2}0)$	= 86 21	86 48
$(011):(0\bar{1}1)$	= 87 4	87 18
$(010):(470)$	= 47 10	47 14
$(010):(560)$	= 57 37	57 37

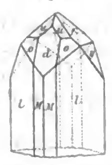
2. Combination: $\{110\}\infty P$, $\{120\}\infty\breve{P}2$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{111\}P$, $\{112\}\frac{1}{2}P$, $\{101\}\bar{P}\infty$, $\{011\}\breve{P}\infty$, $\{021\}2\breve{P}\infty$ (Fig. 2).

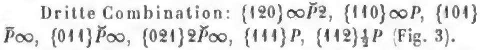
Fig. 2.



Von dieser Ausbildungsweise ist ein ungefähr 2 cm grosser kurzsäulenförmiger Krystall von Nakatsugawa vorhanden. Die Flächen der Prismen sind glasglänzend, die der Pyramiden und Domen matt fettglänzend. Neben den vorherrschenden Formen von $\{110\}\infty P$ und $\{120\}\infty\breve{P}2$ liessen sich noch die nur schmal entwickelten Prismen $\{230\}\infty\breve{P}\frac{3}{2}$, $\{350\}\infty\breve{P}\frac{5}{3}$, $\{470\}\infty\breve{P}\frac{7}{4}$ und $\{250\}\infty\breve{P}\frac{5}{2}$ bestimmen. Das Brachypinakoid tritt als schmale Fläche auf. Die Pyramiden $\{111\}P$ und $\{112\}\frac{1}{2}P$ sind gross und ziemlich gleichmässig ausgebildet, die Brachydomen $\{011\}\breve{P}\infty$ und $\{021\}2\breve{P}\infty$ hingegen klein, geben aber schärfere Reflexe als jene.

Winkel:	Gemessen:	Berechnet:
(111):(1$\bar{1}$1)	= 49°39′	49°38′
(111):(101)	= 24 50	24 49
(111):(112)	= 18 17	18 19
(010):(021)	= 27 41	27 40
(010):(011)	= 46 26	46 21
(110):(1$\bar{1}$0)	= 55 42	55 43
(110):(230)	= 10 32	10 33
(110):(350)	= 13 30	13 30
(110):(470)	= 15 17	14 55
(110):(120)	= 18 43	18 43
(110):(250)	= 25 1	24 53


Fig. 3.


Dritte Combination: {120}$\infty\breve{P}2$, {110}∞P, {101} $\bar{P}\infty$, {011}$\breve{P}\infty$, {021}$2\breve{P}\infty$, {111}P, {112}$\frac{1}{2}P$ (Fig. 3).

Diese Combination zeigt ein Krystall, der etwa 2 cm in den drei Hauptrichtungen misst. An ihm lassen sich die oben erwähnten Aetzerscheinungen am besten beobachten; auf den Pyramiden, dem Makrodoma {101}$\bar{P}\infty$, sowie dem Brachydoma {021}$2\breve{P}\infty$ finden sich zahlreiche Vertiefungen und die Combinationskante $f:f'$ ist in Folge der Anätzung stark gekerbt. An den Aetzfiguren liessen sich durch Messung die beiden Formen {122}$\breve{P}2$ und {011}$\breve{P}\infty$ genauer bestimmen. An der einen Seite von ∞P erscheint, nur sehr wenig gegen dasselbe geneigt, eine schmal entwickelte (1—1½ mm breite) Fläche, welche einem dem primären Prisma sehr nahe liegenden $\infty\breve{P}n$ zugehört. Die Neigung gegen ∞P beträgt 1° 8′; daraus berechnet sich das Zeichen {20.21.0}$\infty\breve{P}\frac{21}{20}$. Auf zwei Flächen des Prismas $\infty\breve{P}2$ beobachtet man eine Verticalstreifung, hervorgerufen durch Alternirung mit einer Prismenfläche, welche an einigen Stellen bis 1 mm breit, eben und spiegelnd erscheint; ihre Neigung gegen {120}$\infty\breve{P}2$ wurde zu 4° 8′ bestimmt, woraus sich das Zeichen {470}$\infty\breve{P}\frac{7}{4}$ berechnet.

Winkel:	Gemessen:	Berechnet:
(110):(1$\bar{1}$0)	= 55°44′	55°43′
(110):(120)	= 18 48	18 43
(010):(112)	= 42 46	42 33
(001)*):(021)	= 61 14	62 20
(001)*):(011)	= 43 34	43 39
(110):(20.21.0)	= 1 8	1 10

In der oben genannten Arbeit von Wada werden noch die Formen {001}$0P$, {113}$\frac{1}{3}P$, {320}$\frac{3}{2}\breve{P}\infty$, {103}$\frac{1}{3}\bar{P}\infty$ und Combinationen ähnlich

*) Klein angespalten.

denen vom Schneckenstein in Sachsen erwähnt. Eine Reihe japanischer Topase, die wie die Schneckensteiner besonders gross die Basis zeigten, sah ich kürzlich bei Herrn G. Seligmann in Coblenz. Ausführlichere Mittheilungen über diese Krystalle liegen zur Zeit noch nicht vor.

19. Topas von Neu-Süd-Wales.

Von

A. Hahn in Strassburg.

(Mit 2 Textfiguren.)

Unter einer Sendung Topase, die ein Bekannter aus Neu-Süd-Wales erhielt, befanden sich mehrere Krystalle, die eine genauere krystallographische Untersuchung und Beschreibung lohnten. Den näheren Fundort konnte ich nicht ermitteln; sie dürften, da die Mehrzahl gerundet ist und sich einige Zinnsteingeschiebe darunter befanden, aus Zinnerz führenden Sanden stammen. Nach Liversidge, Minerals of New South Wales 1888, pag. 201 kommen Topase hauptsächlich in der Granitregion von Neu-England und in den Ablagerungen einer Reihe Gebirgsbäche vor. Die Krystalle sind in der Regel vollkommen klar und wasserhell, doch wurden auch solche von grünlicher Färbung beobachtet.

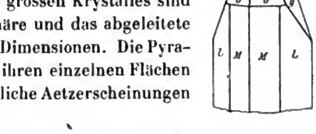
Die an den Krystallen zur Entwicklung gelangten Formen sind (nach der Kokscharow'schen Aufstellung) die folgenden:

drei Pyramiden: $o = \{111\} P$, $u = \{112\} \frac{1}{2}P$, $i = \{113\} \frac{1}{3}P$;
zwei Brachydomen: $f = \{011\} \breve{P}\infty$, $y = \{021\} 2\breve{P}\infty$;
zwei Makrodomen: $d = \{101\} \bar{P}\infty$, $h = \{103\} \frac{1}{3}\bar{P}\infty$;
fünf Prismen: $M = \{110\} \infty P$, $m = \{230\} \infty\breve{P}\frac{3}{2}$, $l = \{120\} \infty\breve{P}2$,
$\pi = \{250\} \infty\breve{P}\frac{5}{2}$, $g = \{130\} \infty\breve{P}3$,
und das Brachypinakoid: $b = \{010\} \infty\breve{P}\infty$.

An einer Spaltungsplatte wurde für Natriumlicht $2E = 113^0 18'$ gemessen.

Erste Combination: $\{111\} P$, $\{112\} \frac{1}{2}P$, $\{113\} \frac{1}{3}P$, $\{110\} \infty P$, $\{120\} \infty\breve{P}2$, $\{021\} 2\breve{P}\infty$, $\{011\} \breve{P}\infty$ (Fig. 1).

Fig. 1.



Die Flächen des etwa 8 mm grossen Krystalles sind eben und gut spiegelnd. Das primäre und das abgeleitete Prisma haben nahezu die gleichen Dimensionen. Die Pyramiden und Brachydomen sind mit ihren einzelnen Flächen verschieden gross entwickelt. Deutliche Aetzerscheinungen wurden nicht beobachtet.

Winkel:	Gemessen:	Berechnet:
(111):(110)	= 26⁰ 9′	26⁰ 4′
(111):(112)	= 18 21	18 19

Winkel:	Gemessen:	Berechnet:
(111):(113)	= 29° 57′	29° 40′
(110):(112)	= 44 23	44 25
(110):(113)	= 55 45	55 46
(110):(120)	= 18 42	18 43
(110):(1$\bar{1}$0)	= 55 42	55 43
(120):(1$\bar{2}$0)	= 86 46	86 48
(011):(0$\bar{1}$1)	= 87 10	87 18
(011):(021)	= 18 39	18 42

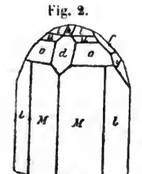


Fig. 2.

Zweite Combination: $\{111\}P$, $\{112\}\frac{1}{2}P$, $\{113\}\frac{1}{3}P$, $\{110\}\infty P$, $\{120\}\infty\breve{P}2$, $\{101\}\bar{P}\infty$, $\{103\}\frac{1}{3}\bar{P}\infty$, $\{011\}\breve{P}\infty$, $\{021\}2\breve{P}\infty$ (Fig. 5).

Diese Combination wurde an einem 1 cm grossen Krystalle, dessen Prismen und Brachydomen glatt und glänzend, dessen Pyramiden und Makrodomen in Folge von Anätzung etwas rauh sind, beobachtet. Das Makrodoma $\{103\}\frac{1}{3}\bar{P}\infty$ gab keinen Reflex und konnte deshalb nur aus dem Zonenverbande bestimmt werden. An Krystallen von demselben Habitus finden sich noch die Formen: $\{250\}\infty\breve{P}\frac{5}{2}$, $\{230\}\infty\breve{P}\frac{3}{2}$, $\{130\}\infty\breve{P}3$ und $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, welche zwar schmäler als die Flächen obengenannter Prismen entwickelt sind, aber sämmtlich gute Reflexe geben.

Winkel:	Gemessen:	Berechnet:
(110):(1$\bar{1}$0)	= 55° 43′	55° 43′
(110):(120)	= 18 42	18 43
(110):(250)	= 25 0	24 53
(110):(230)	= 10 32	10 33
(110):(130)	= 30 12	29 55
(110):(111)	= 26 6	26 4
(110):(112)	= 44 33	44 25
(110):(113)	= 55 39	55 46
(111):(112)	= 18 19	18 19
(111):(113)	= 29 30	29 40
(110):(101)	= 39 18	39 21
(101):(111)	= 24 50	24 49
(101):(102)	= 27 6	26 56
(110):(010)	= 61 53	62 9
(120):(010)	= 43 20	43 25
(111):(120)	= 31 38	31 44
(111):(021)	= 54 51	54 50
(110):(021)	= 65 32	65 32
(011):(021)	= 18 45	18 42

20. Cölestin von Brousseval (Frankreich)*).

Von

F. Stöber in Strassburg.

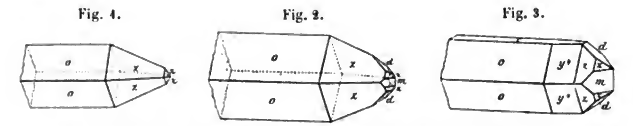
(Mit 3 Textfiguren.)

Aus den Schichten des weissen Jura von Brousseval, einem kleinen Orte im nördlichen Theile des Département Haute-Marne (Arr. Vassy) besitzt die Sammlung des hiesigen mineralogischen Instituts eine Stufe mit gut ausgebildeten, sehr hübschen Cölestinkrystallen. Die in der Richtung der Brachyaxe gestreckten, höchstens 1 cm langen und 2—3 mm dicken Krystalle sind in regelloser Stellung mit einem Ende der Brachyaxe auf einer ungefähr 4 cm dicken Lage von trübem, körnigem, locker gefügtem Cölestin, der seinerseits auf thonigem, durch Eisenverbindungen gelblich gefärbtem Kalk ausgeschieden ist, aufgewachsen. Das untere Ende der Krystalle ist gleich ihrer Unterlage trübe und undurchsichtig, während der frei auskrystallisirte Theil vollkommen durchsichtig und farblos ist.

Nach der gewöhnlichen (Miller'schen) Aufstellung sind folgende Formen vertreten: $o = \{011\}\breve{P}\infty$, $y^1 = \{1.10.10\}\breve{P}10$, $\chi = \{144\}\breve{P}4$, $z = \{111\}P$, $m = \{110\}\infty P$, $d = \{102\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$, $c = \{001\}0P$, $a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$.

Die beiden Formen $\breve{P}\infty$ und $\breve{P}4$ bestimmen gewöhnlich den Habitus der Krystalle, sind jedoch meistens nur wenig glänzend und parallel ihrer Combinationskante stark gestreift; die ein ähnliches Verhalten zeigende, sehr spitze Brachypyramide $\breve{P}10$, welche zuerst von Buchrucker (diese Zeitschr. **19**, 155) am Cölestin von Leogang beobachtet wurde, tritt hier nur selten mit deutlich begrenzten Flächen und immer nur untergeordnet auf. Von den übrigen, mit Ausnahme des nur einmal beobachteten, parallel der Verticalaxe schwach gerieften Makropinakoids immer vollkommen eben und glänzend ausgebildeten Formen tritt sehr oft noch $d = \frac{1}{2}\bar{P}\infty$, bisweilen auch $m = \infty P$ und eine oder die andere Fläche von P stärker hervor.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



Die Figuren**) 1 und 2 stellen zwei gewöhnliche Combinationen dar,

*) Vergl. diese Zeitschr. **21**, 285 (die Redact.).

**) Die Figuren sind so gezeichnet, dass die Brachyaxe quer an dem Beobachter vorbeiläuft.

während die in Fig. 3 wiedergegebene Combination verhältnissmässig selten ist.

Zur Berechnung des Axenverhältnisses konnten die gewöhnlich diesem Zwecke dienenden Neigungen $(102):(10\bar{2})$ und $(110):(1\bar{1}0)$ nicht benutzt werden, weil dieselben bei den einzelnen Krystallen ziemlich starken Schwankungen unterworfen waren; besonders der Winkel $(102):(10\bar{2})$, welcher nach Auerbach (Sitz.-Ber. d. W. Akad. **59** (I), 553) bei allen Cölestinen constant und nahezu $= 101^\circ 11'$ sein soll, lag hier bei verschiedenen Krystallen innerhalb der Grenzen $101^\circ 10'$ und $101^\circ 18'$. Die Winkel der Pyramidenflächen $\{111\}P$ dagegen stimmen verhältnissmässig gut überein; aus den Fundamentalwinkeln:

$$(111):(11\bar{1}) = 51^\circ 13' 45'' \text{ und}$$
$$(111):(1\bar{1}1) = 67\ 23\ \ 0 \text{ berechnet sich:}$$
$$a : b : c = 0{,}78031 : 1 : 1{,}28263.$$

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der gemessenen und berechneten Winkel:

Winkel:		Gemessen:	Berechnet:
$(111):(11\bar{1})$	=	51° 13′ 45″	—
$(111):(1\bar{1}1)$	=	67 23 0	—
$(111):(1\bar{1}\bar{1})$	=	89 22 0	89° 23′ 30″
$(110):(1\bar{1}0)$	=	75 53 30	75 55 50
$(102):(10\bar{2})$	=	101 14 0	101 10 6
$(102):(110)$	=	59 56 15	59 57 42
$(102):(111)$	=	38 17 0	38 14 42
$(110):(111)$	=	25 36 52	25 36 52
$(102):(001)$	=	39 26 30	39 24 57
$(111):(001)$	=	64 23 30	64 23 7
$(110):(001)$	=	90 0 30	90 0 0
$(111):(144)$	=	30 55 0	31 7 27
$(111):(1.10.10)$	=	39 34 0	39 31 59
$(111):(011)$	=	45 8 0	45 18 15
$(011):(0\bar{1}1)$	=	104 3 0	104 7 0
$(011):(144)$	=	14 4 0	14 10 48
$(001):(14\bar{4})$	=	126 19 0	126 35 34
$(110):(100)$	=	37 51 0	37 57 55

Ebene der optischen Axen ist das Brachypinakoid. Der mittlere Brechungsexponent für *Na*-Licht wurde an einem natürlichen von (001) und $(10\bar{2})$ gebildeten Prisma bestimmt: $\beta_{Na} = 1{,}62352$.

21. Cölestin von Ville-sur-Saulx.

Von

F. Stöber in Strassburg.

(Mit 3 Textfiguren.)

Prof. v. Lasaulx (»Jahresber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Cultur« **57**, 176; diese Zeitschr. **6**, 203) hat auf das Vorkommen von Cölestin in den Kimmeridge-Mergeln von Ville-sur-Saulx (Dép. Meuse, Arr. Bar-le-Duc) aufmerksam gemacht; er konnte folgende Formen beobachten:

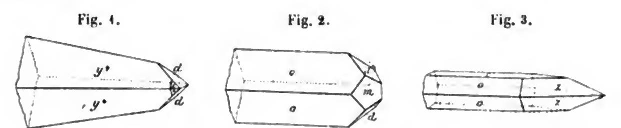
$$o = \{011\}\breve{P}\infty,\ \chi = \{144\}\breve{P}4,\ d = \{102\}\tfrac{1}{2}\bar{P}\infty,\ m = \{110\}\infty P,$$

unter denen o und χ vorherrschten.

Vor einiger Zeit erwarb auch das hiesige mineralogische Institut einige Cölestinstufen dieses Fundortes, deren Krystalle in mancher Beziehung denen von Brousseval sehr ähnlich, jedoch meistens nicht so formenreich und bei weitem nicht so gut ausgebildet sind. Die Krystalle sind auch hier nach der a-Axe gestreckt, meistens etwas bläulich gefärbt und nur unvollkommen durchsichtig; sie sind in flachen Drusen auf mergeligen oder oolithischen Kalken direct aufgewachsen und erreichen nicht selten eine Länge von 2 cm.

Die auftretenden Formen: $o = \{011\}\breve{P}\infty$, $\chi = \{144\}\breve{P}4$, $z = \{111\}P$, $m = \{110\}\infty P$, $d = \{102\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$, $c = \{001\}0P$ unterscheiden sich in ihrer Oberflächenbeschaffenheit nicht merklich von denjenigen der entsprechenden Formen der Krystalle von Brousseval. Nur werden hier sehr spitze, nicht näher bestimmbare Brachypyramiden $\breve{P}n$, welche annähernd die Lage von $\breve{P}10$ haben, bestimmend für den Habitus der Krystalle; gewöhnlich herrschen zwei, symmetrisch zur Brachyaxe gelegene Flächen dieser Pyramiden vor, die übrigen Formen verschwinden oder treten sehr zurück und die Krystalle gewinnen dann ein meissel- oder spatenförmiges Aussehen, ähnlich denen, welche Buchrucker (l. c.) von Leogang beschrieben und abgebildet hat.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



Die Figuren 1 und 2 stellen in den Combinationen: $y^1 = \{1.10.10\}\breve{P}10$, $d = \{102\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$, $\chi = \{144\}\breve{P}4$ resp. $o = \{011\}\breve{P}\infty$, $d = \{102\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$, $m = \{110\}\infty P$ zwei bemerkenswerthe Ausbildungen dieser Krystalle dar.

Die in Fig. 3 abgebildete Combination: $o = \{011\}\breve{P}\infty$, $\chi = \{144\}\breve{P}4$, $c = \{001\}0P$ findet sich an zwei losen, ca. 2,5 cm langen Krystallen, welche abweichend von den übrigen durch bituminöse Substanz bräunlich gefärbt sind.

Aus den Winkeln:

$$(111):(11\bar{1}) = 51^\circ 21' 30''$$
$$(111):(1\bar{1}1) = 67\ 21\ 30$$

findet man:

$$a : b : c = 0,78057 : 1 : 1,27972.$$

Folgende Winkel wurden gemessen und berechnet:

Winkel:	Gemessen:	Berechnet:
$(111):(11\bar{1})$ =	*51° 21′ 30″	—
$(111):(1\bar{1}1)$ =	*67 21 30	—
$(1\bar{1}\bar{1}):(111)$ =	89 24 30	89° 27′ 38″
$(110):(1\bar{1}0)$ =	75 57 30	75 56 58
$(102):(10\bar{2})$ =	101 7 0	101 18 54
$(110):(111)$ =	25 40 40	25 40 45
$(102):(111)$ =	38 5 0	38 13 57
$(111):(144)$ =	31 19 0	31 6 22

Das spec. Gew. eines 0,0292 g schweren Krystalles der Combination Fig. 2 wurde nach der Methode von Streng (XXV. Ber. d. Oberh. Ges. f. Nat.- und Heilkunde in Giessen 1887) zu 3,991 bestimmt.

22. Krystallform des Disalicylaldehyds (Parasalicyls), $C_{14}H_{10}O_3$.

Von

F. Stöber in Strassburg.

(Mit 3 Textfiguren.)

Dieser schon lange bekannte Körper wurde von Herrn H. C. Myers aus Cleveland (Ohio, U. S. A.) im hiesigen chemischen Institut in kleinen, gut messbaren Krystallen erhalten.

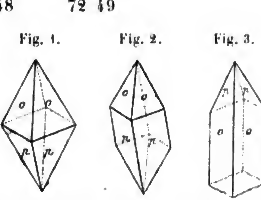
Krystallform: Monosymmetrisch.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7143 : 1 : 1,6612$;
$\beta = 58^\circ 51'$.

Formen: $p = \{\bar{1}11\}+P$, $o = \{111\}-P$.

Winkel:	Gemessen:	Berechnet:
$(111):(11\bar{1})$ =	*37° 16′	—
$(111):(\bar{1}11)$ =	*107 11	—
$(1\bar{1}\bar{1}):(11\bar{1})$ =	*70 48	—

Winkel:	Gemessen:	Berechnet:
$(111):(1\bar{1}1)$ =	51°34′	51°11′
$(11\bar{1}):(\bar{1}11)$ =	109 11	109 12
$(111):(1\bar{1}\bar{1})$ =	72 48	72 49



An einzelnen Krystallen sind die beiden Pyramiden im Gleichgewicht ausgebildet (Fig. 1), andere zeigen die Pyramide $\{\bar{1}11\}+P$ als kurzes Prisma (Fig. 2), und wieder andere sind parallel der Kante $(111):(1\bar{1}1)$ lang prismatisch (Fig. 3).

Die Flächen von $-P$ sind stark glänzend, zeigen indess, besonders an den grösseren Krystallen, nicht selten kleine, wellige Unebenheiten; $+P$ ist weniger glänzend, im Allgemeinen aber vollkommener eben als $-P$.

Die nach $-P$ prismatisch ausgebildeten Krystalle wurden zur Bestimmung des Hauptbrechungsexponenten des parallel zur Orthoaxe schwingenden Strahles benutzt:

$$n_{Na} = 1,5937$$
$$n_{Li} = 1,5875.$$

Doppelbrechung ziemlich stark.

XIX. Zur krystallographischen Kenntniss der hydrirten Phtalsäuren und des *p*-Diketohexamethylens.

Von

V. Villiger in München.

(Mit 15 Textfiguren.)

Zur Kenntniss der hydrirten Phtalsäuren *).

Muthmann und Ramsay **) haben seinerzeit die Phtalsäure und die damals bekannten Hydrophtalsäuren gemessen und interessante krystallographische Beziehungen derselben festgestellt. Seither ist diese Gruppe durch die Arbeiten von Baeyer's vervollständigt worden, und es war deshalb von Interesse, die krystallographischen Constanten auch dieser neuen Substanzen zu bestimmen und mit den Ergebnissen jener Autoren zu vergleichen.

Bezüglich der Nomenclatur der in Betracht kommenden Substanzen sei bemerkt, dass dieselbe auf den Vorschlag v. Baeyer's nach Massgabe des beistehenden Schemas erfolgt; so zwar, dass die doppelte Bindung durch ein griechisches Δ, deren Ort durch die Nummer des mit dem folgenden doppelt verbundenen Kohlenstoffatoms ausgedrückt wird.

(Schema: Sechsring mit den Nummern 1–6; an 1: $-CO_2H$, an 2: $-CO_2H$)

Die Theorie verlangt, dass alle diejenigen hydrirten Phtalsäuren, bei denen keines der Carboxyl-tragenden Kohlenstoffatome doppelt gebunden ist, in zwei geometrisch isomeren Formen existiren können, je nachdem die

*) [V]gl. A. v. Baeyer, Liebig's Annalen d. Chem. **258**, 145 ff. und **269**, 145 ff.
) [D]iese Zeitschr. **17, 73.

beiden Carboxyle auf der gleichen oder auf entgegengesetzten Seiten der Ebene des Hexamethylenringes sich befinden.

A. v. Baeyer kennzeichnet diese Säuren durch die Präfixe »cis« bezw. »trans« oder die adjective »maleïnoid« bezw. »fumaroid«, wegen ihrer respectiven Aehnlichkeit mit Maleïn- und Fumarsäure. Die maleïnoiden Säuren zeichnen sich durch niedrigeren Schmelzpunkt und leichtere Anhydridbildung aus, während die bedeutend beständigeren fumaroiden Säuren schwerer löslich sind und einen höheren Schmelzpunkt besitzen. Die maleïnoiden Säuren krystallisiren ihrer leichteren Löslichkeit wegen besser als die fumaroiden. Von den geometrisch isomeren Hydrophthalsäuren sind alle mit Ausnahme der beiden $\varDelta^{3}$-Tetrahydrosäuren thatsächlich dargestellt, nämlich:

$\varDelta^{3,5}$-Dihydrophtalsäuren,
$\varDelta^{4}$-Tetrahydrophtalsäuren,
Hexahydrophtalsäuren.

Die bisher dargestellten Hydrophtalsäuren sind sämmtlich gemessen, mit Ausnahme der $\varDelta^{1}$-Tetrahydrosäure, welche mit Wasser in sehr leicht verwitterbaren (und deshalb unmessbaren) Individuen krystallisirt. Es gelang bisher nicht, die Säure in wasserfreien Krystallen zu erhalten.

1. Trans-(fumaroide) $\varDelta^{3,5}$-Dihydrophtalsäure,

H
C
HC $C<^{H}_{CO_2H}$
HC $C<^{CO_2H}_{H}$.
C
H

Die Säure krystallisirt fast aus allen Lösungsmitteln in sehr schlecht ausgebildeten, meist nur mikroskopischen Krystallen. Nur aus einer concentrirten Eisessiglösung gelang es nach dreimonatlichem Stehen etwa $\frac{1}{2}$ mm lange Krystalle zu züchten. Dieselben stellten matte, dicke Tafeln nach einem Pinakoid dar mit pyramidaler Endigung. Messbar waren einzig die Pyramidenwinkel, deren Symmetrieverhältnisse auf eine Combination des rhombischen Systems hinweisen (eine optische Untersuchung war bei der Undurchsichtigkeit der Krystalle ausgeschlossen). Unter der Voraussetzung, dass wirklich rhombische Krystalle vorlagen, berechnet sich folgendes Axenverhältniss:

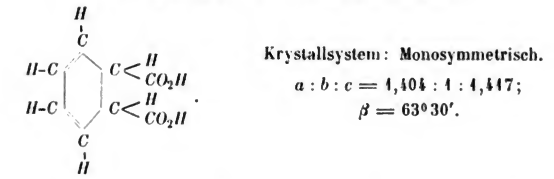
Fig. 1.

$$a : b : c = 0,394 : 1 : 1,508.$$

Beobachtete Formen: $c = \{001\}0P$, $o = \{112\}\frac{1}{2}P$, $b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$, $m = \{110\}\infty P$; ausserdem an vielen Krystallen ein unmessbares Brachydoma. Die Krystalle sind gewöhnlich tafelig nach der Basis, brachydiagonal verlängert, jedoch nur einseitig ausgebildet.

	Gemessen:	Berechnet:
$(112):(1\bar{1}2)$ =	*38° 30′	—
$(112):(11\bar{2})$ =	*51 50	—
$(112):(1\bar{1}\bar{2})$ =	66 44	66° 24′

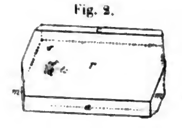
2. Maleinoide $\Delta^{3,5}$-Dihydrophtalsäure,



Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a:b:c = 1,404:1:1,417;$

$\beta = 63° 30'.$


Fig. 2.

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $r = \{101\} -P\infty$, $m = \{120\}\infty P2$, $c = \{001\}0P$, $\{\bar{3}04\} + \frac{3}{4}P\infty$; an den Krystallen aus Aether erscheint ausserdem eine Reihe positiver Hemidomen, welche annähernd auf die Symbole: $\{\bar{1}07\} = +\frac{1}{7}P\infty$, $\{\bar{2}07\} = +\frac{2}{7}P\infty$ und $\{\bar{4}07\} = +\frac{4}{7}P\infty$ führten.

	Gemessen:	Berechnet:
$(100):(001)$ =	*63° 30′	—
$(100):(101)$ =	*31 35	—
$(100):(120)$ =	*68 18	—
$(101):(120)$ =	71 30	71° 38′
$(001):(\bar{3}04)$ =	45 35	45 39
$(001):(\bar{1}07)$ =	8 11	7 51
$(001):(\bar{2}07)$ =	16 23	16 30
$(001):(\bar{4}07)$ =	ca. 35½°	34 48

Gelbe, schlecht ausgebildete Krystalle aus Wasser und Aether mit vorherrschendem {101}. Die Krystalle aus Wasser sind theils orthodiagonal, theils vertical verlängert, diejenigen aus Aether dünntafelig nach {101}.

Spaltbarkeit und optisches Verhalten: nicht beobachtet.

3. $\Delta^{2,4}$-Dihydrophtalsäure,

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a : b : c = 1,45 : 1 : 1,602;$
$\beta = 74^0 56'.$

H_2
C
H-C　　C<H CO_2H
H-C　　C—CO_2H
C
H

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $q = \{011\}$ $R\infty$; an manchen Krystallen tritt eine Reihe klein ausgebildeter positiver Hemidomen auf, wovon folgende Schimmermessung erlaubten: $\sigma = \{\bar{1}02\} + \frac{1}{2}P\infty$, $\varrho = \{\bar{2}03\} + \frac{2}{3}P\infty$. Selten und klein treten auch $\{001\}0P$ und $\{010\}\infty R\infty$ auf.

Fig. 3.

Gelbliche Tafeln mit vorherrschendem Orthopinakoid aus Alkohol.

	Gemessen:	Berechnet:
$(011):(0\bar{1}1) =$	$*114^0 14'$	—
$(100):(011) =$	$*81\ 53$	—
$(\bar{1}00):(\bar{1}02) =$	$*72\ \ 3$	—
$(\bar{1}00):(\bar{2}03) =$	$63\ 25$	$63\ 42$

4. $\Delta^{1,4}$-Dihydrophtalsäure,

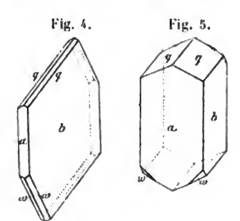
H_2
C
H-C　　C-CO_2H
H-C　　C-CO_2H
C
H_2

Die vorliegenden Krystalle, welche von zwei verschiedenen Krystallisationen aus kaltem Wasser herrührten, zeigten zwar dieselben Flächen, aber zwei in ihrem Habitus ganz verschiedene Formen.

Die eine Form (Fig. 4), dünntafelig nach der Symmetrieebene, bestand aus gut erhaltenen Krystallen mit vollkommen glänzenden Flächen. Die zweite Form (Fig. 5) war dicktafelig nach einer zur Symmetrieebene senkrecht stehenden Fläche (Orthopinakoid) und zeigte selten und klein die Hemipyramide ω. Die Flächen waren stark corrodirt und in den Winkeln zeigten sich gegenüber der ersten Form grössere Differenzen (bis $\frac{3}{4}^0$).

Da beide Formen, nebeneinander unter dem Mikroskop erhitzt, sich vollständig gleich verhielten, d. h. in Anhydrid übergingen, ohne dass vorher von einer Umwandlung der einen in die andere etwas zu bemerken gewesen wäre, so war die Annahme zweier allotropischen Modificationen

ausgeschlossen. Auch die optische Untersuchung wies darauf hin, dass die beiden Formen in der That identisch sind. Ohne Zweifel rührte die auffallende Verschiedenheit von einer geringen Verunreinigung der einen Form durch eine isomorphe Säure her.



Krystallsystem: Monosymmetrisch.

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$. $b = \{010\}\infty R\infty$, $q = \{011\}R\infty$, $\omega = \{\bar{2}21\}2P$.

Die beiden Formen ergaben folgende Zahlen:

I. Form (Fig. 4).

$$a : b : c = 0,8925 : 1 : 0,4400;$$
$$\beta = 74^0 43'.$$

	Gemessen:	Berechnet:
$(011):(0\bar{1}1)$	= *46° 0′	—
$(100):(011)$	= *75 57,5	—
$(011):(\bar{2}21)$	= *46 36	—
$(\bar{2}21):(\bar{2}\bar{2}1)$	= 70 25	70°49′
$(\bar{1}00):(\bar{2}21)$	= 60 38	60 39

II. Form (Fig. 5).

$$a : b : c = 0,8734 : 1 : 0,4343;$$
$$\beta = 74^0 5,'5.$$

	Gemessen:	Berechnet:
$(011):(0\bar{1}1)$	= *45°20′	—
$(100):(011)$	= *75 21	—
$(011):(\bar{2}21)$	= *47 15	—
$(\bar{2}21):(\bar{2}\bar{2}1)$	= 69 52	69°38′
$(\bar{1}00):(\bar{2}21)$	= 60 28	60 31

Optisches Verhalten: Die optische Axenebene steht senkrecht zur Symmetrieebene und liegt im spitzen Winkel β gegen die Verticale um ca. 28° geneigt. Die Axen treten im Adam-Fuess'schen Apparat auf der Symmetrieebene unter einem Winkel von ca. 100½° aus (Natrium-Licht).

Die Krystalle zeigen auffallend schwache Doppelbrechung und sehr grosse Dispersion der Axen.

5. Fumaroide Δ^1-Tetrahydrophtalsäure,

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

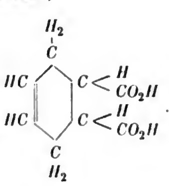
Kleine, farblose Krystalle aus Eisessig, mit schlecht ausgebildeten, meist gerundeten Flächen. Sie bestehen aus einer Combination zweier prismatischer Formen mit der Symmetrieebene, die jedoch nicht immer auftritt. Fasst man erstere als positive, bezw. negative Hemipyramide auf, so ergeben sich folgende Elemente:

$$a : b : c = 0,3997 : 1 : 1,737;$$
$$\beta = 78^\circ 2'.$$

$(111):(1\bar{1}1) = 40^\circ\ 6'$
$(111):(11\bar{1}) = 23\ 47$
$(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) = 43\ 34$

Fig. 6.

6. Maleinoide Δ^1-Tetrahydrophtalsäure,



Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,3350 : 1 : 1,5070;$$
$$\beta = 69^\circ 58'.$$

Die Krystalle aus Alkohol (Fig. 7) sind prismatisch nach der Verticale, diejenigen aus Wasser nach der Klinodiagonale verlängert (Fig. 8).

Beobachtete Formen: $m = \{110\}\infty P$, $q = \{011\}\mathcal{R}\infty$, $a = \{100\}\infty\mathcal{P}\infty$, $c = \{001\}0P$.

	Gemessen:	Berechnet:
(100):(001) =	*69°58′	—
(100):(110) =	*51 26	—
(001):(011) =	*54 46	—
(110):(011) =	40 30	40°24′
($\bar{1}$10):(011) =	58 53,5	58 58,5
(001):(110) =	77 50	77 40

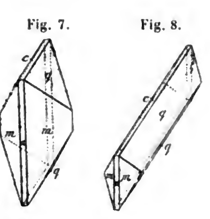


Fig. 7. Fig. 8.

Optisches Verhalten: Die optische Axenebene liegt parallel zur Symmetrieebene, die eine Axe tritt auf der Basis aus. Starke Doppelbrechung.

Spaltbarkeit: vollkommen nach der Basis.

7. Δ^2-Tetrahydrophtalsäure,

$$
\begin{array}{ccc}
 & H_2 & \\
 & C & \\
H_2C & & C<{H \atop CO_2H} \\
H_2C & & C-CO_2H \\
 & C & \\
 & H &
\end{array}
$$

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a:b:c = 1,53811 : 1 : 1,36091;$
$\beta = 77^{0}30'.$

Farblose, etwa 4 mm lange Krystalle.

Beobachtete Formen: Die zwei gewöhnlichsten Combinationen sind die in Fig. 9 u. 10 dargestellten. Fig. 9 giebt das Bild eines Krystalls aus Methylalkohol, Fig. 10 u. 11 aus Aethylalkohol. $a = \{100\}\infty P\infty$, $b = \{010\}\infty P\infty$, $c = \{001\}0P$, $q = \{011\}P\infty$, $r = \{102\}-\frac{1}{2}P\infty$, $\omega = \{\bar{1}11\}+P$, letzteres in der Regel sehr untergeordnet. Die Hemidomen:

Fig. 9.

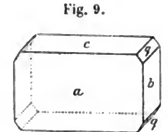


Fig. 10.

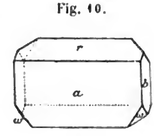
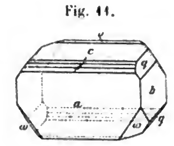


Fig. 11.



$s = \{103\}-\frac{1}{3}P\infty$, $t = \{105\}-\frac{1}{5}P\infty$ und $\varrho = \{\bar{1}04\}+\frac{1}{4}P\infty$ sind selten gut ausgebildet und erscheinen gewöhnlich als Abrundung der Kante zwischen Orthopinakoid und Basis. Die Krystalle sind theils orthodiagonal, theils vertical gestreckt. Das Orthopinakoid ist stets matt.

	Gemessen:	Berechnet:
$(100):(001)$ =	*77°30′	—
$(010):(\bar{1}11)$ =	*41 41	—
$(\bar{1}00):(\bar{1}11)$ =	*67 56	—
$(100):(011)$ =	82 33	82°31′
$(010):(011)$ =	36 54,5	36 58
$(011):(\bar{1}11)$ =	29 32	29 33
$(001):(\bar{1}11)$ =	62 58	62 58
$(001):(\bar{1}04)$ =	13 ca.	12 47
$(001):(102)$ =	21 26	21 31
$(001):(103)$ =	14 55	15 9
$(001):(105)$ =	9 39	9 27

Optisches Verhalten: Die optische Axenebene steht senkrecht zur Symmetrieebene und liegt im stumpfen Winkel β, mit der Verticalen einen Winkel von ca. $12\frac{1}{2}^{0}$ einschliessend. Die optischen Axen treten im Adam-Fuess-

schen Apparat auf der Symmetrieebene unter einem Winkel von ca. 97° aus (Natriumlicht).

Spaltbarkeit: vollkommen nach der Basis und ziemlich vollkommen nach der Symmetrieebene.

8. Maleïnoide Hexahydrophtalsäure,

$$\begin{array}{c} H_2 \\ C \\ H_2C \quad C < \begin{smallmatrix} H \\ CO_2H \end{smallmatrix} \\ H_2C \quad C < \begin{smallmatrix} H \\ CO_2H \end{smallmatrix} \\ C \\ H_2 \end{array}.$$

Farblose, etwa $\frac{1}{2}$ cm lange Tafeln aus Alkohol, mit schwacher Doppelbrechung. Die eine optische Axe tritt auf der vorherrschenden Fläche n aus.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,4945 : 1 : 0,5566;$$

$A = 93°16'$	$\alpha = 93°14\frac{1}{2}'$
$B = 90\ 46$	$\beta = 90\ 40$
$C = 91\ 55$	$\gamma = 91\ 53$

Beobachtete Formen: $n = \{1\bar{1}0\}\infty,'P$ vorherrschend; $b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$, $m = \{110\}\infty P',$; $q = \{011\},\breve{P}'\infty$, $k = \{0\bar{1}1\}'\breve{P},\infty$, $o = \{112\}\frac{1}{2}P'$, $\omega = \{11\bar{2}\}\frac{1}{2}P$, $r = \{101\}'\bar{P}'\infty$, $v = \{31\bar{1}\}\frac{3}{4}\bar{P},3$. Die Flächen o, ω, r und v fehlen gewöhnlich oder treten nur sehr untergeordnet auf.

Fig. 12.

	Gemessen:		Berechnet:
$(0\bar{1}0):(1\bar{1}0)$ =	*65°12'		—
$(110):(1\bar{1}0)$ =	*52 41		—
$(010):(110)$ =	62 7		—
$(010):(011)$ =	*58 25		—
$(0\bar{1}0):(0\bar{1}1)$ =	*63 24		—
$(011):(0\bar{1}1)$ =	58 11		—
$(\bar{1}10):(011)$ =	*77 50		—
$(1\bar{1}0):(0\bar{1}1)$ =	78 32		78°37½'
$(\bar{1}10):(\bar{3}\bar{1}1)$ =	57	ca.	57 6
$(\bar{1}10):(\bar{1}\bar{1}2)$ =	70 14		69 59
$(1\bar{1}0):(101)$ =	48 42		49 8½
$(1\bar{1}0):(112)$ =	72	ca.	72 1
$(110):(011)$ =	75 35		75 18½
$(\bar{1}\bar{1}0):(0\bar{1}1)$ =	—		78 27
$(011):(\bar{1}\bar{1}2)$ =	52	ca.	51 53
$(110):(101)$ =	—		46 14
$(010):(101)$ =	—		86 25

Spaltbarkeit: vollkommen nach $\{0\bar{1}1\}$, weniger vollkommen nach $\{011\}$.

Die hydrirten Phtalsäuren lassen sich nach ihren krystallographischen Eigenschaften in zwei Reihen ordnen, in deren einer sich hauptsächlich die schwerlöslichen fumaroiden Säuren finden, denen sich die Phtalsäure selbst und die $\Delta^{1,4}$-Dihydrosäure anschliessen.

Die andere Reihe umfasst die leichtlöslichen maleïnoiden Säuren, welchen sich die ebenfalls leicht löslichen $\Delta^{2,4}$-Dihydrosäure und die Δ^{2}-Tetrahydrosäure anschliessen. Ausserhalb dieser Reihen stehen einzig die beiden asymmetrischen Säuren: $\Delta^{2,6}$-Dihydrosäure und cis Hexa-hydrosäure. Zur Erleichterung der Vergleichung sei hier eine Uebersicht der gemessenen Phtalsäuren gegeben:

	System:	β	$a : b : c$
Phtalsäure (Muthmann)	monos.	65° 0′	0,3535 : 1 : 1,4776
Trans-$\Delta^{3,5}$-Dihydrosäure	rhombisch	90 0	0,394 : 1 : 1,508
Trans-Δ^{4}-Tetrahydrosäure	monos.	78 2	0,3997 : 1 : 1,737
Trans-Hexahydrosäure (Muthmann)	monos.	84 21	0,4036 : 1 : 1,4625
$\Delta^{1,4}$-Dihydrosäure	monos.	74 43	*) 0,4400 : 1 : 1,7850

	System:	β	$a : b : c$
cis $\Delta^{3,5}$-Dihydrosäure	monos.	63° 30′	1,404 : 1 : 1,417
cis Δ^{4}-Tetrahydrosäure	monos.	69 58	1,3350 : 1 : 1,5070
$\Delta^{2,4}$-Dihydrosäure	monos.	74 56	1,45 : 1 : 1,602
Δ^{2}-Tetrahydrosäure	monos.	77 30	**) 1,3609 : 1 : 1,5384

	System	α	β	γ	$a : b : c$
$\Delta^{2,6}$-Dihydrosäure (Muthm.)	asymmetr.	99° 15′	109° 44′	89° 59′	0,6580 : 1 : 0,4596
cis-Hexahydrosäure	asymmetr.	93 14½	90 40	91 53	0,4945 : 1 : 0,5566

Zur Kenntniss des *p*-Diketohexamethylens ***).

$$\begin{array}{ccc} & CO & \\ CH_2 & & CH_2 \\ CH_2 & & CH_2 \\ & CO & \end{array}$$

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,0571 : 1 : 1,0932;$$
$$\beta = 80^\circ\, 11'.$$

Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $c = \{001\}0P$, $m = \{110\}\infty P$, $\varrho = \{\bar{1}01\} + P\infty$, $q = \{011\}P\infty$, letzteres selten und klein, bisweilen auch $\{010\}\infty P\infty$.

	Gemessen:	Berechnet:
$(100):(001)$ =	*80° 11′	—
$(100):(110)$ =	*46 14	—
$(\bar{1}00):(\bar{1}01)$ =	*48 46	—
$(001):(110)$ =	83 16,5	83° 13,5′
$(\bar{1}01):(\bar{1}10)$ =	63 4	62 52,5
$(001):(011)$ =	45 36	45 32

*) *a*- und *c*-Axe vertauscht und letztere mit 2 multiplicirt.

**) *a*- und *c*-Axe vertauscht.

***) Vergl. A. v. Baeyer, Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1892, **25**, 1037.

Aus allmählich verdunstender, absolut alkoholischer Lösung krystallisirt die Substanz in centimetergrossen schwach gelblichen Tafeln mit vorherrschendem {100}, die in der Regel orthodiagonal verlängert sind (Fig. 13

Fig. 13.

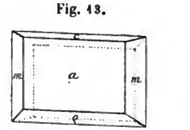


Fig. 14.

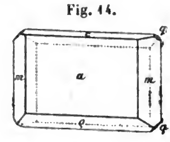
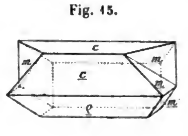


Fig. 15.



und 14). Aus unreinen Mutterlaugen (durch braune harzartige Substanzen verunreinigt) setzen sich Zwillinge nach {101̄} (Fig. 15) ab.

Optisches Verhalten: Die optische Axenebene steht senkrecht zur Symmetrieebene; die erste Bisectrix liegt im stumpfen Winkel β, gegen die Verticale um ca. 7° geneigt. Aus einer senkrecht zu derselben geschliffenen Platte treten die Axen (im Adam-Fuess'schen Apparat) unter einem Winkel von ca. 81½° aus (Natriumlicht). Starke Doppelbrechung.

Spaltbarkeit: Ziemlich vollkommen nach {1̄01}.

Bemerkenswerth ist die Aehnlichkeit der krystallographischen Constanten mit denjenigen des Chinons:

	p-Diketohexamethylen:	Chinon:
$a:b:c$	1,0571 : 1 : 1,0932	1,0325 : 1 : 1,71
β	80°11'	79° 0'
Spaltbarkeit	{1̄01} zieml. vollk.	{1̄01} sehr vollk.

Es sei mir gestattet, Herrn Prof. Groth, auf dessen Anregung und unter dessen Leitung vorliegende Arbeit entstand, hierfür meinen besten Dank auszusprechen.

XX. Studien am Arsenkiese.

Von

Friedrich Scherer in Strassburg i./E.

(Mittheilungen aus dem mineral. u. petrogr. Institut der Univ. Strassburg, Nr. 23.)

(Hierzu Taf. VIII u. IX.)

Literatur.

1. Henkel, J. Fr., Pyritologie. 1725, S. 148, 612.
2. Wallerius, J. G., Mineralogie. 1759, **1**, 412.
3. v. Cronstedt, A., Versuch einer Mineralogie. 1770, §§ 241—243.
4. de Lisle, R., Description des Minéraux. 1773, 270.
5. de Lisle, R., Cristallographie. 1783, **3**, 27.
6. de Born, J., Collection de Mlle Raab. 1790.
7. Werner, A. G., Verzeichniss des Mineraliencabinets des Herrn von Ohain. 1791 **1**, 212.
8. Bergmann, T. O., Mineralogie. 1792, **2**, 154.
9. Emerling, L. A., Mineralogie. 1796, **2**.
10. Reuss, F. A., Lehrbuch der Mineralogie. 1801.
11. Hauy, C^en, Traité de Minéralogie, I. éd. 1801, **4**, 56.
12. Gehlen's Journal f. Chemie u. Physik. Bernhardi, Ueber die Krystallisation des Arsenkieses. 1807, **3**.
13. Hoffmann, C. A. S., Handbuch der Mineralogie. 1817, **4**, 211.
14. Hauy, C^en, Traité de Minéralogie, II. éd. 1822, **4**, 28.
15. Steffens, H., Handbuch der Oryctognosie. 1824.
16. Mohs, Friedrich, Grundriss der Mineralogie. 1824, **2**, 527.
17. Hartmann, Carl, Handwörterbuch der Mineralogie. 1828.
18. Naumann, Carl Friedrich, Lehrbuch der Mineralogie. 1830.
19. Erdmann-Schweigger, Journal für prakt. Chemie. 1835, **4**, Heft 5.
20. Glocker, C. Fr., Mineralogische Jahreshefte. 1835, Heft 5.
21. Lévy, A., Déscription des Minéraux. 1838, **3**.
22. F. Mohs-Zippe, F. X., Mineralogie. 1839, **2**, 501.
23. Hartmann, Carl, Handbuch der Mineralogie. 1843, **2**, 572.
24. Hausmann, Fr. L., Handbuch der Mineralogie. 1847, **2**, 72.
25. Miller, W. H., Mineralogy. 1852, 188.

26. Greg, Ph. u. Lettsom, W. G., Manual of the Mineralogy of Great-Britain and Ireland. 1858.
27. Breithaupt, A., Mineralogische Studien. 1866, 99.
28. Rumpf, J., Misspickel von Leyerschlag in der Zinkwand von Schladming. Tschermak's min. Mitth. 1874, **4**, 231.
29. Groth, P., Tabellarische Uebersicht der Mineralien. 1874.
30. Gamper, J., Mineralogische Notizen. Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1876.
31. Heusler, C., Ueber das Vorkommen von Nickel- und Kobalterzen mit gediegenem Wismuth an der Crête d'Omberenza im Canton Wallis. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1876, **28**, 238.
32. Arzruni, A., Krystallographisch-chemische Untersuchung einiger Arsenkiese. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. 1878, **2**, 430.
33. Sadebeck, A., Ueber regelmässige Verwachsung verschiedener Mineralien. Wiedemann's Annalen d. Phys. u. Ch. 1878, N. F. **5**.
34. v. Zepharovich, V., Mineralogische Notizen. Jahresber. d. Vereins Lotos. 1878.
35. Hare, H. B., Die Serpentinmasse von Reichenstein und die darin vork. Mineralien. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. 1880, **4**, 294.
36. A. Arzruni u. Bärwald, C., Beziehung zwischen Krystallform u. Zusammensetzung der Eisenarsenkiese. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. 1883, **7**, 337.
37. Magel, G., Der Arsenkies aus dem körnigen Kalk von Auerbach. Jahresber. d. oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkunde, 1885, Heft **22**, S. 297.
38. Oeberg, E. W., Bidrag till Kännedom of några mineraliers spezifika Värme. Öfvers. Vet.-Akad. Förh. 1885, Nr. 85, 43.
39. Loczka, J., Chem. Analysen ung. Arsenkiese. 1885. Természetrajzi Füzetek.
40. Groth, P., Minerallagerstätten d. Dauphiné. Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. W., math.-naturw. Cl. 1885, 371.
41. Döll, E., Ueber einen Riesenpegmatit von Pisek, Pyrit und Turmalin, eine neue Pseudomorphose. Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1886, 351.
42. Gonnard, F., Goldführende Erze von Pontgibaud. Bull. d. l. soc. d. Min. 1886, **9**, 243.
43. Bücking, H., Mineralogische Mittheilungen. Mitth. d. Comm. f. geol. Landesunters. f. Elsass-Lothringen 1887, **1**, 114.
44. Flink, G., Mineralogische Notizen. Meddel. f. Stockholms Högskola in Bih. t. Vet. Sv. Akad.-Handl. 1887 [13], **2**, No. 7, 1—94.
45. Schmidt, A., Mittheilungen über ung. Mineralvorkommen. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. 1887, **12**, 97.
46. Jeremejew, P. W., Beschreibung einiger Mineralien aus den Goldseifen der Ländereien d. orenburg. Kasaken u. Baschkiren. Gornyi Journ. 1887 [3], 263—309. Ausz. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. **15**, 526.
47. Jeremejew, P. W., Mineralien d. Tscherepanowski-Silbergrube im Altai. Verh. d. russ. min. Ges. 1888. Ausz. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. **15**, 553.
48. Schmidt, A., Mineralogische Mittheilungen. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. **14**, 573.
49. Loczka, J., Mineralogisch-chemische Mittheilungen. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. **15**, 40.
50. Oebbeke, K., Arsenkies aus dem körnigen Kalk von Wunsiedel. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. **17**, 384.
51. Buchrucker, L., Die Mineralien der Erzlagerstätten von Leogang i. Salzburg. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. **19**, 113.
52. Weibull, M., Ueber die Krystallform und Constitution der Arsenkiese. Zeitschr. f. Kryst. u. Min. **20**, 1.

Die Beziehungen, welche zwischen der Zusammensetzung des Arsenkieses und derjenigen des Markasites und des Arseneisens bestehen, sowie der von Arzruni nachgewiesene Zusammenhang zwischen Krystallform und chemischer Zusammensetzung machen den Arsenkies zu einem interessanten Glied der Gruppe der rhombischen Kiese. Das Gesetz, welches nach Arzruni die Beziehung zwischen Krystallform und chemischer Zusammensetzung beherrschen soll, zeigt nach späteren Untersuchungen eine Reihe von Ausnahmen, die seine Gültigkeit in Frage zu stellen scheinen. Es war aus diesem Grunde wünschenswerth, an weiteren noch nicht näher untersuchten Vorkommnissen von Arsenkies jenes Gesetz zu prüfen. Zu diesem Zwecke habe ich denn Krystalle mehrerer wenig oder gar nicht bekannter Fundorte einer Bearbeitung nach chemischer und krystallographischer Richtung unterzogen.

Was die Ausbildung der bis jetzt bekannt gewordenen Arsenkieskrystalle betrifft, so kann man im Allgemeinen vier Arten derselben unterscheiden. Erstens solche, die kurzprismatisch nach der c-Axe sind, bei welchen also Prismen- und Brachydomenflächen sich das Gleichgewicht halten, zweitens solche, die langprismatisch durch Vorwalten der Prismenflächen sind, drittens solche, die mehr tafelartig durch das starke Vorherrschen flacher Brachydomen über die Prismen, viertens solche, die beim Vorwalten des Primär-Brachydomas in der Richtung der Brachydiagonale prismatisch sind. Bemerkenswerth ist, dass fast an jedem Fundorte mehrere Typen auftreten, die sich sowohl durch den Habitus als auch durch die Grösse des Prismenwinkels unterscheiden. Auch unter den Krystallen desselben Fundortes und desselben Typus kommen oft bedeutende Schwankungen der Winkel vor, so dass die Zusammenfassung der Werthe zu einem Mittelwerthe nicht statthaft ist. Selbstverständlich kann bei den wechselnden Winkelwerthen von einer Constanz des Axenverhältnisses keine Rede sein. Das Verhältniss der Brachydiagonale zur Makrodiagonale ist den grössten Veränderungen unterworfen; es steigt von 0,62459 bis 0,69764. Infolge der ungünstigen Beschaffenheit der Brachydomenflächen sind auch die Werthe für die c-Axe schwankend und liegen zwischen 1,118 und 1,2519. Die Mehrzahl der Werthe nähert sich 1,188.

Gesetzmässige Verwachsungen von Arsenkieskrystallen, Zwillinge, werden zuerst von Hoffmann in seinem Handbuche der Mineralogie (1817) erwähnt. Den Verwachsungen liegen zwei Gesetze zu Grunde. Das erste, bei welchem als Zwillingsebene eine Fläche des Prismas $\{110\}\infty P$ fungirt; das zweite, bei welchem die Zwillingsebene eine Fläche des Makrodomas $\{101\}\bar{P}\infty$ ist. Die Zwillinge sind theils Aneinanderwachsungszwillinge, theils Durchdringungszwillinge. In neuester Zeit hat A. Schmidt an Krystallen von der Bindt (Ungarn) noch Zwillinge beobachtet, deren Individuen symmetrisch zu einer Prismenfläche liegen, aber mit einer zu dieser senk-

rechten Fläche aneinander gewachsen sind. Drillinge sind nicht selten, jedoch sind nur solche nach $\{101\}\bar{P}\infty$ beobachtet worden. Beschrieben wurden Drillinge von Auerbach, Sala, Wettin, Weiler i. E.

Von Sadebeck ist auch eine regelmässige Verwachsung von Arsenkies mit Eisenkies an einem Vorkommen von Freiberg angegeben worden. Die c-Axe des Arsenkieses ist parallel mit einer Axe des Pyrites und eine Würfelfläche parallel der Basis. Die Diagonalen der Würfelflächen laufen parallel der Brachy- und Makroaxe des Arsenkieskrystalles.

Die Spaltbarkeit nach $\{110\}\infty P$ und $\{001\}0P$, die von verschiedenen Autoren angegeben wird, ist keine bezeichnende Eigenschaft für das Mineral, da sie sich an den Krystallen von nur wenigen Fundorten so z. B. Freiberg, Ehrenfriedersdorf findet, aber bei anderen z. B. Modum, Turtmannthal der unebene Bruch leichter eintritt als irgend eine Spaltbarkeit.

Was die chemische Zusammensetzung des Arsenkieses betrifft, so war man über sie lange im Unklaren, weil die quantitative Bestimmung von Arsen und Schwefel auf Schwierigkeiten stiess. Es hat daher erst der Ausbildung der chemischen Methoden bedurft, ehe man Näheres über seine Zusammensetzung erfuhr. Während Henkel, Wallerius, Cronstedt, Bergmann u. A. im Zweifel waren, ob der Arsenkies neben Arsen und Eisen auch Schwefel enthalte, ergaben die ersten Analysen von Thomson und Chevreul (1812) und Stromeyer (1814), dass das Mineral eine Mischung von gleichen Theilen Markasit (FeS_2) und Arseneisen ($FeAs_2$) ist. Diese Auffassung ist vielfach bestritten worden und es ist die Frage, ob der Arsenkies eine isomorphe Mischung von FeS_2 und $FeAs_2$ ist, auch heute noch eine offene.

In neue Bahnen wurde die Untersuchung der Arsenkiese gelenkt durch eine im Jahre 1878 erschienene Arbeit von Arzruni betitelt »Krystallographisch-chemische Untersuchung einiger Arsenkiese«. Lieferte diese Arbeit auch noch keine positiven Resultate, so regte sie doch dazu an, die Gesichtspunkte, welche ihr zu Grunde lagen, weiter zu verfolgen. Das angestrebte Ziel war, einen Zusammenhang zwischen Krystallform und Zusammensetzung zu finden. Die Analysen ergaben, dass die Arsenkiese weder der Formel $FeS_2 + FeAs_2$ noch einer Formel $mFeS_2 + nFeAs_2$ entsprechen. Später setzte Arzruni gemeinschaftlich mit Baerwald die Untersuchungen fort. Sie bestätigten die schon von Breithaupt bemerkten Schwankungen des Prismenwinkels und stellten fest, dass der Arsenkies nicht als isomorphe Mischung aufgefasst werden könne. Ferner ging aus den Analysen hervor, dass der Schwefelgehalt variabel und mit seiner Zu- oder Abnahme eine gleichsinnige Aenderung der Brachyaxe verbunden sei. Der Aenderung der Länge der a-Axe um 0,00001 entspricht eine solche des Schwefelgehaltes um 0,0236 %.

Die späteren Untersuchungen bestätigen zum Theil dieses Gesetz, zum

Theil nehmen sie keinen Bezug darauf. So giebt z. B. Magel (1885) mit seiner Untersuchung der Arsenkiese von Auerbach eine Bestätigung des Gesetzes. Von neueren Arbeiten sind noch hervorzuheben diejenigen von A. Schmidt und J. Loczka: Die Verfasser haben die ungarischen Vorkommen einer näheren Untersuchung unterworfen. Die Analysen von J. Loczka zeigen, dass die Arsenkiese von Ungarn theils dem Mischungsverhältniss $FeS_2 + FeAs_2$, theils einem complicirteren entsprechen.

Während ich damit beschäftigt war, eine Reihe gut krystallisirter Vorkommen des Arsenkieses krystallographisch und chemisch zu untersuchen und schon einen grossen Theil meiner Arbeit vollendet hatte, erschien eine Abhandlung von Mats Weibull (diese Zeitschr. **20**, 1), die vorzüglich von schwedischen Vorkommen des Arsenkieses handelt. Die mit aller Sorgfalt ausgeführten Analysen lieferten Weibull das Ergebniss, dass die Arsenkiese wohl als isomorphe Mischungen aufgefasst werden können, jedoch mit der Modification, dass bei schwefelreicheren eine theilweise Substitution der Normalsubstanz $FeAsS$ durch FeS_2, bei arsenreicheren eine solche durch $FeAs_2$ eintritt; eine Substitution, welche nach beiden Seiten 10 % der Normalsubstanz $FeAsS$ betragen kann. Durch Dünnschliffe hat Weibull ferner festgestellt, dass der Arsenkies nicht immer eine homogene Substanz ist, sondern Einschlüsse von Magnetit, Magnetkies, Kupferkies und Augit enthält. Es sei hier gleich erwähnt, dass die Resultate Weibull's im Allgemeinen mit den meinigen übereinstimmen.

Specieller Theil.

Einer krystallographisch-chemischen Untersuchung wurden folgende Vorkommen unterzogen: 1. Freiberg (Grube Himmelfahrt); 2. Macagão, Brasilien; 3. Deloro, Hasting Co., Ontario; 4. Thala Bisztra und Oravicza; 5. Turtmannthal in Wallis; 6. Modum in Norwegen; 7. Bieber in Hessen; nur krystallographisch untersucht wurden die Arsenkiese von 8. Bräunsdorf bei Freiberg; 9. Munzig bei Meissen; 10. Rauris in Salzburg; 11. Redruth in Cornwall; 12. Pestarena in Piemont; 13. Sala in Schweden; 14. Csiklova im Banat. Nicht verwerthbar waren die Messungen der Krystalle von Zalathna in Siebenbürgen.

Die Analysen wurden mit sorgfältig ausgesuchtem Material vorgenommen und folgender Gang der Untersuchung innegehalten.

Die fein gepulverte Substanz wurde in einem grossen Porzellantiegel mit conc. Salpetersäure auf dem Wasserbade vorsichtig digerirt. Die Oxydation des Schwefels war nach mehrmaligen Behandeln vollendet. Die überschüssige Salpetersäure wurde mit Salzsäure vertrieben. Aus der verdünnten salzsauren Lösung wurde, nachdem der Rückstand abfiltrirt, der

Schwefel als Baryumsulfat gefällt. Bei der Portion, welche zur Bestimmung von Arsen, Eisen, Kobalt und Nickel etc. diente, wurde nach der Oxydation die überschüssige Salpetersäure mit Schwefelsäure verdrängt, damit etwa vorhandenes Blei als Bleisulfat ungelöst bleibt. Aus der schwefelsauren Lösung wird das Arsen mit Schwefelwasserstoff auf dem Wasserbade gefällt und nach dem Filtriren und Auswaschen in frisch bereitetem Schwefelkalium gelöst. Diese Lösung wird zur Syrupdicke eingedampft. Das sich etwa abscheidende Kupfersulfid, welches mit in Lösung gegangen war, wird abfiltrirt und das Filtrat mit überschüssigem Kali versetzt. In die stark alkalische Flüssigkeit leitet man so lange Chlor, bis rothes Lakmuspapier gebleicht wird. Zur Vertreibung des überschüssigen Chlors und der entstandenen Chlorsäure und unterchlorigen Säure dampft man die Flüssigkeit erst mit verdünnter Salzsäure und dann mit conc. Salzsäure zur Hälfte ein und filtrirt die abgeschiedene Kieselsäure ab. In dieses Filtrat leitet man auf dem Wasserbade Schwefelwasserstoff. Es fällt dann das Arsen als Arsenpentasulfid und kommt als solches, nachdem es bei 107—110° getrocknet worden ist, zur Wägung. Die Lösung, welche Eisen, Kobalt und Nickel etc. enthält, wird mit rauchender Salpetersäure oxydirt und dann mit kohlensaurem Natrium neutralisirt. Zur Trennung von Eisen und Kobalt und Nickel wurde das Verhalten der Metalle gegen bernsteinsaures Natrium in der Kälte benutzt, es fällt dann nur bernsteinsaures Eisen aus. Kobalt und Nickel wurden nur in ganz geringen nicht bestimmbaren Spuren vorgefunden. Das bernsteinsaure Eisen wurde geglüht und das entstandene Eisenoxyd zur Wägung gebracht. Da die Beschaffung reinen Materials sehr viel Zeit in Anspruch nahm, konnte jede Analyse nur einmal ausgeführt werden.

Das specifische Gewicht wurde mit einem Pyknometer bestimmt.

I. Freiberg, Grube Himmelfahrt.

Die Stufe, von welcher die gemessenen Krystalle genommen sind, ist von Herrn Prof. Bücking auf der Grube im vorigen Jahre gesammelt worden. Der gänzliche Mangel an anderen Schwefelverbindungen, deren Vorhandensein Arzruni bei der Auswahl des Analysenmaterials Schwierigkeiten machte, veranlasste mich, die im Allgemeinen mit dem Typus Freiberg II identischen Krystalle noch einmal zu untersuchen. Einige Krystalle wurden zerspalten, jedoch kein Bleiglanz darin gefunden.

Der Arsenkies sitzt in einem ziemlich aufgelösten weissen Gneiss. Die Individuen zeigen einen prismatischen Habitus, der namentlich bei den Zwillingen nach $\{101\}\bar{P}\infty$ hervortritt. Auch mir ist es nicht gelungen, unter den vielen Krystallen einen Zwilling nach $\{110\}\infty P$ zu finden. Weibull erwähnt solche vom Arsenkiese der Grube Schwarzer Kuhschacht bei Freiberg. Die Krystalle sind begrenzt von den Formen $m = \{110\}\infty P$

und $u = \{014\}\frac{1}{4}\breve{P}\infty$. Sie stimmen also mit den von Frenzel (Min. Lex. Lpzg. 1874) beschriebenen überein. Es kommen in Freiberg demnach zwei Typen von Arsenkies vor; der erste, welcher die Combination $m = \{110\}\infty P$, $t = \{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$, der zweite, welcher die Formen $m = \{110\}\infty P$, $u = \{014\}\frac{1}{4}\breve{P}\infty$ zeigt. Das von Arzruni beschriebene mit Freiberg I bezeichnete Vorkommen schliesse ich aus, da der Fundort nicht mit Sicherheit festgestellt ist. Innerhalb der beiden Typen lassen sich nach der Grösse des Prismenwinkels einige Varietäten unterscheiden.

Die Grösse der von mir untersuchten Krystalle ist sehr verschieden; neben ganz kleinen kommen auch solche vor, die eine Höhe von 2 mm, eine Länge und Breite von 1½ mm erreichen.

Was die Beschaffenheit der Flächen betrifft, so sind die Prismenflächen eben und gut spiegelnd. Das Brachydoma $u = \{014\}\frac{1}{4}\breve{P}\infty$ ist nicht stark gestreift; bei kleinen Krystallen ist es etwas matt, bei den Zwillingen glänzend.

Die Mittelwerthe der gemessenen Winkel sind folgende:

	Gemessen:	Berechnet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0)$ =	*68° 18,5′	—
$m : \underline{m} = (110):(\bar{1}10)$ =	*48 27	—
$u : u = (014):(0\bar{1}4)$ =	33 21,7	32° 36′
$m : u = (110):(014)$ =	80 30	80 56

$$a : b : c = 0,67834 : 1 : 1,1702.$$

Das specifische Gewicht ist 6,022.

Die quantitative Analyse ergab:

	I.	II.	Auf reine Sbstz. ber.	$FeSAs$	$Fe_{21}S_{20}As_{22}$
Angewandte Substanz	0,3025 g	0,505 g			
Schwefel = S	20,11	(20,47)	20,27	19,63	20,82
Arsen = As		44,64	45,00	46,01	44,37
Eisen = Fe		34,07	34,34	34,35	34,79
Blei = Pb		0,37	0,37	—	—
Rückstand		0,45	—	—	—

Bringt man das Blei als Bleiglanz in Abzug, so sind die Atomverhältnisse

$$Fe : S : As = 1 : 1,030 : 0,9796$$
$$S : As = 1 : 0,948$$
$$Fe : (S + As) = 1 : 2,009.$$

Die oben angegebenen Formeln $FeAsS$ und $Fe_{21}S_{20}As_{22}$ entsprechen beide nicht genau den gefundenen Werthen, jedoch möchte ich der letzteren den Vorzug geben, da sie am wenigsten von dem Analysenresultat abweicht. Es wäre demnach mit Vernachlässigung des beigemengten Bleis der Arsenkies von Freiberg (Grube Himmelfahrt) eine isomorphe Mischung von 11 Theilen Markasit und 10 Theilen Löllingit (Arseneisen).

II. Macagão bei Sabará, Minas Geraës, Brasilien.

Den Arsenkies dieses Ortes erhielt ich durch die dankenswerthe Güte des Herrn Dr. Krantz in Bonn. Die Stufen sind von Herrn Dr. Hussak selbst in Brasilien gesammelt worden. Nach den Mittheilungen des Herrn Dr. Hussak »findet sich der Arsenkies in feinförmigen weissen Gangquarzen eingesprengt vor. Diese treten in sericitischen Thonglimmerschiefern auf und wurden vor Jahren wegen ihres Goldgehaltes abgebaut. Die Schiefer sind den Quarzphylliten der Ostalpen ähnlich und sind sicher paläozoischen Alters. Neben Arsenkies kommen noch Schwefelkies, Magnetkies, dünne Säulchen von Antimonglanz und ein Wismuthmineral, wahrscheinlich Joseït vor«. An der mir zu Gebote stehenden Stufe war keines der zuletzt erwähnten vorhanden, nur ein kleiner Erzfunken schien gediegen Wismuth zu sein.

Ausser der Stufe verfügte ich noch über lose Krystalle. Sie sind in der Richtung der Brachydiagonale verlängert, und die grössten haben in dieser Richtung eine Länge von 5 Millimeter, nach den beiden anderen Axen erreichen sie 2 mm. Die Brachydomenflächen sind metallglänzend; die Streifung tritt auf ihnen ganz zurück und, wenn sie vorhanden, besteht sie nur in zarten, nicht ganz parallel verlaufenden Linien. Die Prismen- und Makrodomenflächen, gewöhnlich gleich gross entwickelt, sind von einem etwas matten, gelben Ueberzug bedeckt, welcher sich jedoch leicht mit dem Leder wegreiben lässt.

Beobachtet wurden die Formen $n = \{012\}\frac{1}{2}\breve{P}\infty$, $m = \{110\}\infty P$, $d = \{101\}\bar{P}\infty$, $q = \{011\}\breve{P}\infty$. Die letzte Form hat immer sehr schmal entwickelte Flächen. Nur ein Zwilling nach $m = \{110\}\infty P$ befindet sich unter den vielen Krystallen. Die Messung von etwa 20 Krystallen gaben folgende Mittelwerthe:

	Gemessen:	Berechnet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0)$ =	*68° 28′	—
$q : q = (011):(0\bar{1}1)$ =	*80 20	—
$q : n = (011):(012)$ =	19 9	19° 2′
$m : q = (110):(011)$ =	64 28	64 32
$n : n = (012):(0\bar{1}2)$ =	61 38	61 18
$d : d = (101):(\bar{1}01)$ =	59 22	59 44
$d : q = (101):(011)$ =	71 32	71 16

$$a : b : c = 0{,}68046 : 1 : 1{,}1847.$$

Das specifische Gewicht beträgt 5,83.

Das Resultat der quantitativ-chemischen Untersuchung ist:

	I.	II.	III.	Auf 100 ber.:	($11 FeS_2$ + $10 FeAs_2$)
Angew. Subst.	0,511 g	0,4026 g	0,967 g	—	—
S	20,36	—	—	21,07	20,82
As	—	42,25	42,42	43,74	44,37
Fe	—	33,99	—	35,19	34,79
Rückstand (SiO_2)	—	3,00	—	—	—

Die Atomverhältnisse sind:

$$Fe : As : S = 1 : 0,929 : 1,048$$
$$Fe : (As + S) = 1 : 1,977 .$$

Die Atomverhältnisse lassen erkennen, dass der Schwefelgehalt gegen den der Formel $FeAsS$ entsprechenden etwas zu gross, und die Menge des Arsens zu klein ist. Man muss in diesem Falle, wenn man den Arsenkies als isomorphe Mischung auffassen will, ein nicht so einfaches Verhältniss der beiden Componenten FeS_2 und $FeAs_2$ annehmen. Die Formel $11 FeS_2 + 10 FeAs_2$ entspricht mit genügender Genauigkeit den gefundenen Werthen.

III. Deloro, Hastings Co., Ontario.

Die gut ausgebildeten Krystalle sind in einem festen Quarzitgestein eingewachsen. Nach Loslösung des Arsenkieses findet man in dem Gestein stark glänzende Abdrücke, welche die durch Alternation zweier Brachydomenflächen bedingte Streifung mit allen Einzelheiten wiedergeben. Aus dem Glanze der Abdrücke kann man schon auf die Glätte der Flächen schliessen. Die einfachen Krystalle sind in der Richtung der c-Axe verkürzt und in der Richtung der Brachydiagonale stark verlängert. Ihre Grösse ist wechselnd; der kleinste hatte eine Länge von 2 mm, eine Höhe und Breite von 1 mm. Die Zwillinge erreichen jedoch beträchtlich grössere Dimensionen; der grösste hatte etwa eine Länge von 1,5 cm und eine Höhe und Breite von 0,5 cm. An den von der Stufe genommenen Krystallen wurden die Formen $d = \{101\} \bar{P}\infty$, $n = \{012\} \frac{1}{2}\breve{P}\infty$, $q = \{011\} \breve{P}\infty$ (Fig. 1) beobachtet; an keinem tritt die Fläche $\{110\} \infty P$ auf. Nur ein Krystall, welcher sich unter einer Reihe von losen, von dem Mineraliencomptoir des Herrn Dr. Krantz gekauften Krystallen befand, besitzt eine andere Ausbildung, insofern er die Combination $m = \{110\} \infty P$, $q = \{011\} \breve{P}\infty$, $d = \{101\} \bar{P}\infty$, $t = \{013\} \frac{1}{3}\breve{P}\infty$, $\varepsilon = \{054\} \frac{5}{4}\breve{P}\infty$, $\zeta = \{0.17.2\} \frac{17}{2}\breve{P}\infty$, $p = \{010\} \infty\breve{P}\infty$, $\delta = \{310\} \infty\bar{P}3$ darstellt, mithin ausser den vorher erwähnten Formen, ausgenommen $\{012\} \frac{1}{2}\breve{P}\infty$, noch $\{013\} \frac{1}{3}\breve{P}\infty$, $\{310\} \infty\bar{P}3$, $\{054\} \frac{5}{4}\breve{P}\infty$, $\{0.17.2\} \frac{17}{2}\breve{P}\infty$, $\{010\} \infty\breve{P}\infty$ zeigt. Der Krystall ist ringsum ausgebildet und hat eine Länge von 5 mm, eine Breite von 4 mm und eine Höhe von 1,5 mm. Fig. 2 giebt eine Projection der Formen auf das Makropinakoid. Der schraffirte Theil rechts liegt am Krystall etwas weiter nach hinten, als

der weiss gelassene. Das Prisma $\delta = \{310\}\infty\bar{P}3$ ist nur mit der Fläche $(3\bar{1}0)$ entwickelt; dieselbe liegt im einspringenden Winkel zwischen den mit einander alternirenden Flächen (110) und $(1\bar{1}0)$ an der linken vorderen Seite des Krystalles. Das Brachydoma $\varepsilon = \{054\}\frac{5}{4}\breve{P}\infty$ tritt nur mit der Fläche (054) an der vorderen rechten Seite auf und folgt unmittelbar auf $t = \{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$. Zwischen den Flächen (054) und $(01\bar{1})$ bilden zwei Flächen einen einspringenden Winkel und zwar eine Fläche des Brachydomas $\zeta = \{0.17.\bar{2}\}\frac{17}{2}\breve{P}\infty$ und des Brachypinakoides $p = \{010\}\infty\breve{P}\infty$.

Was die Entstehung des Krystalles anbetrifft, so sind zwei Arten möglich. Entweder ist der Krystall zuerst regelmässig ausgebildet gewesen, das heisst mit den Formen $\{110\}\infty P$, $\{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$, $\{101\}\bar{P}\infty$, $\{011\}\breve{P}\infty$, und ist später an der rechten vorderen Seite unregelmässig weiter gewachsen, oder er war zuerst in der jetzt vorn rechts vorliegenden Weise entwickelt und ist dann später links vorn und links und rechts hinten zu einem regelmässigen ausgeheilt. Welche der beiden Arten die richtige ist, lässt sich natürlich nicht entscheiden; zu Gunsten der ersteren könnte allenfalls der einspringende Winkel zwischen $(0.17.\bar{2})$ und (010) sprechen.

An allen einfachen Krystallen ist die Oberflächenbeschaffenheit eine gute, namentlich zeichnen sich das primäre Brachy- und Makrodoma durch ihre Glätte aus. Dasselbe gilt von den Prismen und den anderen erwähnten Flächen. Die Brachydomen $\{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$ und $\{012\}\frac{1}{2}\breve{P}\infty$ sind zwar gestreift, jedoch noch mit hinreichender Genauigkeit messbar.

Die Messungen gaben bis auf 10 Minuten übereinstimmende Werthe, so dass aus ihnen ohne Bedenken das Mittel gezogen werden konnte.

Aus den Winkeln $d : d = (101):(10\bar{1}) = 58^\circ 51{,}'2$ und $q : q = (011):(01\bar{1}) = 80^\circ 4{,}'5$ wurde das Axenverhältniss ermittelt:

$$a : b : c = 0{,}6715 : 1 : 1{,}19019.$$

Die Mittelwerthe der gemessenen Winkel sind folgende.

	Gemessen:	Berechnet:
$d : d = (101):(10\bar{1})$ =	*58° 51,'2	—
$q : q = (011):(01\bar{1})$ =	*80 4,5	—
$t : q = (013):(011)$ =	28 20,2	28° 19,'4
$m : m = (110):(1\bar{1}0)$ =	67 55	67 46
$t : t = (013):(0\bar{1}3)$ =	43 33,5	43 16,6
$n : q = (012):(011)$ =	19 9	19 12,4
$m : d = (110):(101)$ =	43 16	43 14,4
$q : d = (011):(101)$ =	71 35	71 34,5
$d : t = (101):(013)$ =	62 44,3	62 49,6
$t : m = (013):(110)$ =	78 3,5	78 8,2
$q : m = (011):(110)$ =	64 21	64 44
$m : p = (110):(010)$ =	56 1	56 7,1
$m : \delta = (110):(310)$ =	46 45	46 30

		Gemessen:	Berechnet:
$t : \varepsilon =$	$(013):(054)$	$= 34^\circ 33'$	$34^\circ 27'$
$\varepsilon : \zeta =$	$(054):(0.17.\bar{2})$	$= 39 \quad 6$	$39 \quad 33$
$\zeta : m =$	$(0.17.\bar{2}):(110)$	$= 55 \quad 40$	$56 \quad 18$
$\varepsilon : m =$	$(054):(110)$	$= 62 \quad 2$	$62 \quad 26$
$q : \underline{q} =$	$(011):(\underline{011})$	$= 50 \quad 48,6$	$50 \quad 32$
$d : \underline{d} =$	$(101):(\underline{101})$	$= 58 \quad 33 - 60^\circ 22'$	$58 \quad 6$

Unter dem von **Krantz** gekauften Materiale befanden sich zwei Zwillinge nach $d = \{101\}\bar{P}\infty$ und mehrere Durchkreuzungszwillinge nach $m = \{110\}\infty P$. Auf der Stufe sitzen nur solche der letzteren Art. Die Zwillinge nach $d = \{101\}\bar{P}\infty$ sind in der gewöhnlichen Weise ausgebildet, während diejenigen nach $m = \{110\}\infty P$ merkwürdig durcheinander gewachsen sind. Die Combinationskanten von (013) und $(0\bar{1}3)$ bezüglich $(\underline{013}):(\underline{0\bar{1}3})$ sind bis auf ein Minimum verkürzt, so dass sich infolge dessen die vier Combinationskanten $d = \{101\}\bar{P}\infty$ mit $t = \{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$ und je zwei Combinationskanten von $\{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$ mit der Zwillingsebene in einem Punkte schneiden. In demselben Punkte treffen auch die Kanten $(101):(\underline{101})$ zusammen. Fig. 3 stellt eine Projection eines solchen Zwillings auf die Basis dar. Die einspringenden Winkel zwischen den Makrodomenflächen betragen $59^\circ 12'$, statt des berechneten $58^\circ 29,'8$. Die grosse Abweichung erklärt sich aus der weniger guten Beschaffenheit der Flächen an den Zwillingen. Aus den gemessenen Winkeln $(011):(\underline{011})$ und $(011):(01\bar{1})$ nebst $(\underline{011}):(\underline{01\bar{1}})$ berechnet sich der Winkel zwischen den Brachyaxen zu $111^\circ 52'$, während er nach dem angenommenen Zwillingsgesetze $112^\circ 14'$ sein sollte.

Für das specifische Gewicht wurde 6,073 gefunden.

Die Analyse hatte folgendes Resultat:

	I.	II.	Auf 100 ber.:	$10FeS_2 + 8FeAs_2 = Fe_{18}S_{20}As_{16}$
Angew. Subst.	0,329 g	0,4329 g		
S	21,66	(22,65)	22,23	22,47
As		40,82	41,90	42,13
Fe		34,61	35,52	35,39
Pb		0,33	0,338	—
Rückstand		1,59	—	—

Das Blei wurde als PbS in Abzug gebracht. Als Atomverhältnisse ergaben sich:

$$Fe : S : As = 1 : 1,092 : 0,8818$$
$$Fe : (As + S) = 1 : 1,974$$
$$S : As = 1 : 0,8052.$$

Die Zusammensetzung des Arsenkieses von Deloro wird durch die Formel $Fe_{18}S_{20}As_{16}$ dargestellt. Man kann nach Auflösung der Formel in $10FeS_2 + 8FeAs_2$ den Arsenkies von Deloro als isomorphe Mischung von

10 Theilen Markasit und 8 Theilen Löllingit auffassen. Nach der Annahme von Weibull wäre hier eine Substitution der Normalsubstanz durch Doppelschwefeleisen eingetreten, welche 12,5 % beträgt, also 2,5 % über die von Weibull angegebene Grenze 10 % hinausgeht.

IV. Thala Bisztra und Oravicza.

Die von diesen Fundorten stammenden Krystalle sind, was die Art des Vorkommens anbetrifft, einander so ähnlich, dass ich mich für berechtigt halte, beide nebeneinander zu besprechen. Der Arsenkies kommt bei beiden in einer gelben, serpentinartigen, mit dem Messer leicht ritzbaren Masse vor. Bei kurzprismatischem Habitus stellen die Krystalle eine Combination der Formen $m = \{110\}\infty P$, $t = \{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$, $q = \{011\}\breve{P}\infty$, $d = \{101\}\bar{P}\infty$ und $o = \{111\}P$ dar (Fig. 4). Letzte Form wurde nur selten beobachtet.

Die Prismen- und Makrodomenflächen sind meist glatt und glänzend. An einzelnen Krystallen ist das Prisma gestreift und zwar entweder parallel mit der Combinationskante von $d = \{101\}\bar{P}\infty$ und $m = \{110\}\infty P$ oder parallel der Combinationskante von $o = \{111\}P$ und $m = \{110\}\infty P$. Das Brachydoma $t = \{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$ ist stark gestreift. Die Pyramidenfläche ist etwas gewölbt, giebt jedoch nur einen einzigen, ziemlich guten Reflex, welcher, wie aus den Winkeln hervorgeht, nicht genau dem wahren Flächenort entspricht. Die Grösse der Krystalle ist wechselnd; in der Richtung der Verticalaxe beträgt sie 3—4 mm, in der Richtung der Makro- und Brachyaxe etwa 2—3 mm. Obgleich die Prismenflächen der Krystalle von Thala Bisztra im Allgemeinen glatt waren, kamen unter den Winkeln der Prismenzone doch Differenzen bis zu 3° vor, so dass es nicht anging, aus den Werthen das Mittel zu ziehen. Ich habe mich daher veranlasst gesehen, die Messungsreihen der beiden besten Krystalle anzuführen. Die Ursache der Schwankungen scheint in der nicht ganz parallelen Fortwachsung der Individuen zu liegen.

Die Messungen der Krystalle von Oravicza zeigen nicht so grosse Unterschiede, so dass sie ohne Fehler zu einem Mittelwerthe vereinigt werden konnten.

	Thala Bisztra: I.	Thala Bisztra: II.	Mittelwerthe:	Oravicza:
$m:m = (110):(1\bar{1}0) =$	68° 9′	66°58′		
$(1\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}0) =$	112 17,5	112 46	*112°34,′2	*66°52′
$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}10) =$	67 22,5	67 13,7		
$(\bar{1}10):(110) =$	112 16	112 57,2		
$d:d = (101):(10\bar{1}) =$	59 33,8	58 45		
$(10\bar{1}):(\bar{1}0\bar{1}) =$	121 16	121 14	*121 9	119 36,7
$(\bar{1}0\bar{1}):(\bar{1}01) =$	—	58 55		

	Thala Bisztra: I.	II.	Mittelwerthe:	Ber.:	Oravicza:	Ber.:
$(\bar{1}01):(101) =$	—	120° 57′				
$d : m = (101):(\bar{1}\bar{1}0) =$	136° 32′	136 24				
$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}01) =$	43 37	43 24	43° 33′	43° 34′	43° 34′	43° 50′
$(\bar{1}01):(110) =$	—	136 36				
$(110):(101) =$	—	43 39				
$o : m = (111):(110) =$	24 42			25 24	25 3	26 0
$o : d = (111):(101) =$	29 18			30 10	30 13	29 32
$m : t = (110):(013) =$	—				75	75 19
$q : q = (011):(01\bar{1}) =$	80 0			80 26	—	—

Als Axenverhältniss berechnet sich für

Thala Bisztra: $a : b : c = 0,6673 : 1 : 1,18305$

Oravicza: $a : b : c = 0,6605 : 1 : 1,13515.$

Der Arsenkies von Thala Bisztra wurde einer weiteren Untersuchung unterworfen. Das specifische Gewicht ist 6,33. Das Ergebniss der quantitativen Analyse war folgendes:

	I.	II.	Auf 100 ber.:	*FeAsS*
Angew. Subst.	0,744 g	0,5532 g	—	—
S	18,54	18,91	19,36	19,63
As	—	(43,16)	44,20	46,01
Fe	—	35,57	36,43	34,35
Rückstand	—	2,36	—	—
Co		Spur		

Die Atomverhältnisse sind:

$$Fe : S : As = 1 : 0,9286 : 0,9053$$
$$Fe : (S + As) = 1 : 1,8339$$
$$S : As = 1 : 0,9748.$$

Die Zusammensetzung des Arsenkieses von Thala Bisztra entspricht der Formel *FeAsS*. Der höhere Eisengehalt erklärt sich durch beigemengtes Gestein, das ja ziemlich eisenreich ist, und den Gehalt an Einschlüssen eisenhaltiger Mineralien.

V. Turtmannthal in Wallis.

Die Krystalle sind in einem grünlich-grauen Chloritschiefer eingewachsen. Nach Heusler kommt der Arsenkies im Turtmannthal zusammen mit Kobalt- und Nickelerzen vor. Die Gruben sind erst seit 1875 in Betrieb und werden auf Roth- und Weissnickelkies ausgebeutet. Die Kobalt- und Nickelerze treten auf Gängen in dem Chloritschiefer auf. Das Gangmaterial besteht aus Braunspath mit wenig Quarz, selten auch aus Schwerspath. Der Arsenkies ist theils noch in den Gängen, theils im Liegenden und

Hangenden der Gänge in dem Chloritschiefer eingesprengt. Heusler glaubt, dass die Schwefel- und Arsenkiese der Schiefer einen Einfluss auf die Bildung der Mineralien der Gänge ausgeübt haben.

Die Krystalle dieses Vorkommens erinnern an jene aus dem Dolomit des Binnenthales, sowohl was die Ausbildung anbetrifft, als auch in Bezug auf die Beschaffenheit der Flächen. Die Krystalle sind in der Richtung der Brachydiagonale stark verlängert und in der Richtung der beiden anderen Axen ungefähr gleich stark entwickelt. Ihre Länge schwankt von 1—5 mm. Die Dicke und Breite beträgt im Durchschnitt etwa 1 mm. Beobachtet wurden die Formen $m = \{110\}\infty P$, $n = \{012\}\frac{1}{2}\breve{P}\infty$, $q = \{011\}\breve{P}\infty$. Die Prismenflächen sind ziemlich gross, während die Flächen des primären Brachydomas nur etwa 0,5 mm breit sind. Die Streifung in der Brachydomenzone ist nicht sehr stark, beeinflusst deshalb die Messungen in keiner Weise. Die Flächen von $q = \{011\}\breve{P}\infty$ sind überhaupt nicht gestreift und auf $n = \{012\}\frac{1}{2}\breve{P}\infty$ finden sich regelmässig breitere Theile, welche vollkommen glatt und frei von Streifen sind.

Zwillinge nach beiden Gesetzen sind sehr häufig. Sie sind immer als Durchkreuzungszwillinge ausgebildet (Fig. 5 und 6). Die Zwillinge nach $m = \{110\}\infty P$ scheinen zuweilen nicht ganz regelmässig entwickelt zu sein; wenigstens fallen bei den grösseren Krystallen die Zwillingsebene und die Prismenfläche nicht genau zusammen. Die Zwillinge nach $d = \{101\}\bar{P}\infty$ dagegen lassen eine solche Abweichung nicht erkennen. Gemessen wurden folgende Winkel:

	Gemessen:	Berechnet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0) =$	*68° 11′	—
$q : q = (011):(01\bar{1}) =$	*80 4	—
$n : q = (012):(011) =$	18 54	19° 16′
$n : n = (012):(0\bar{1}2) =$	61 34	61 24
$m : n = (110):(012) =$	73 38	73 13
$m : q = (110):(011) =$	64 50	64 25
$m : m = (110):(\underline{110}) =$	136 36	137 22
$m : \bar{m} = (110):(\underline{\bar{1}10}) =$	48 36	48 32
$q : \bar{q} = (011):(\underline{0\bar{1}1}) =$	52 11	51 11

Für das Axenverhältniss ergiebt sich aus den bezeichneten Winkeln

$$a : b : c = 0,68326 : 1 : 1,1904.$$

Die quantitative Analyse hatte folgendes Resultat:

	I.	II.	Auf 100 ber.:	$Fe_{10}S_9As_8$
Angew. Subst.	0,1271 g	0,3734 g	—	—
S	20,38	(19,9)	20,53	19,89
As		40,76	41,06	41,43
Fe		38,13	38,41	38,67
Rückstand		1,21	—	—

Die Atomverhältnisse sind:

$$Fe : S : As = 1 : 0{,}9353 : 0{,}7992$$
$$Fe : (S + As) = 1 : 1{,}7345$$
$$S : As = 1 : 0{,}8505.$$

Der Arsenkies vom Turtmannthal hat eine etwas abweichende Zusammensetzung. Die Formel $Fe_{10}S_9As_8$ entspricht den gefundenen Werthen. Die Zusammensetzung kann nicht durch isomorphe Mischung von Arseneisen und Markasit erklärt werden. Es ist wahrscheinlich, dass das Analysenmaterial durch ein eisenhaltiges Mineral verunreinigt war, und hierdurch der hohe Eisengehalt bedingt wurde.

VI. Modum in Norwegen.

Nach Kjerulf (Geologie Norwegens S. 324) kommen im Kirchspiele Modum namentlich Kobalt- und Nickelerze vor; sie sind entweder in Quarzitschiefer, oder in Augitfels, dessen Hauptmasse aus dichtem Malakolith besteht, eingesprengt. Die Imprägnationen von Glanzkobalt werden von Tesseralkies und von kobalthaltigem Arsenkies begleitet.

Die Krystalle sind Combinationen von $m = \{110\}\infty P$, $t = \{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$ und sehen dadurch denen von Freiberg sehr ähnlich, ebenso wie diese haben sie einen kurz gedrungenen prismatischen Habitus. Sie sind mittelgross und haben im Durchschnitt eine Länge von 3 mm, eine Breite von 5 mm und eine Höhe von 1 mm. Die Flächen der Prismenzone sind glatt und glänzend; die Brachydomenflächen zeigen die charakteristische Streifung, jedoch lassen einige noch gute Messungen zu. Die Mehrzahl der vorliegenden Krystalle sind Zwillinge nach $d = \{101\}\bar{P}\infty$; solche nach dem anderen Gesetze sind nicht beobachtet worden. Die Resultate der Messungen an den flächenarmen Krystallen sind folgende:

	Gemessen:	Berechnet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0) =$	*68° 30,′5	—
$t : t = (013):(0\bar{1}3) =$	*42 59,4	—
$t : m = (013):(110) =$	78 31,5	78° 6′
$t : \underline{t} = (013):(\underline{013}) =$	72 16	72 37
$m : \underline{m} = (110):(\underline{110}) =$	48 44	48 49

Aus den bezeichneten Werthen erhält man das Axenverhältniss

$$a : b : c = 0{,}68095 : 1 : 1{,}1814.$$

Das specifische Gewicht beträgt 5,912.

Die Analyse ergab folgende procentische Zusammensetzung:

	I.	II.	Auf 100 ber.:	$Fe_{10}S_9As_8$
Angew. Subst.	0,5056 g	0,5128 g	—	—
S	20,53	—	20,55	19,88
As	—	40,09	40,14	41,42
Fe	—	38,02	38,06	38,67
Pb	—	1,23	1,23	—
Cu	—	Spur	—	—
Rückstand	—	1,07	—	—

Nach Abzug des Bleies als Bleiganz sind die Atomverhältnisse:

$$Fe : S : As = 1 : 0,936 : 0,8067$$
$$Fe : (S + As) = 1 : 1,7429$$
$$S : As = 1 : 0,8617.$$

Die Formel $Fe_{10}S_9As_8$ entspricht ziemlich gut den gefundenen Werthen. Der hohe Eisengehalt, welcher nicht allein von Einschlüssen herrühren kann, deutet vielleicht darauf hin, dass trotz sorgfältiger Auswahl das Analysenmaterial nicht ganz frei von Eisenverbindungen war. Es soll deshalb, sobald genügende Mengen des Materials vorhanden sind, die Untersuchung wiederholt werden.

VII. Bieber in Hessen.

In den Drusenräumen des dünnschieferigen, dunkeln Zechsteins von Bieber sind neben rhomboëdrisch ausgebildeten Dolomitkrystallen auch glänzende, bis zu 1 mm grosse Prismen von Arsenkies vorgekommen. Ausser an beiden Enden entwickelten, seitlich auf Dolomit aufgewachsenen Krystallen finden sich auch solche, die mit einem Ende aufgewachsen sind. Sie zeigen langprismatischen Habitus. An den gemessenen Krystallen wurden nur die Formen $m = \{110\}\infty P$, $q = \{011\}\breve{P}\infty$ beobachtet (Fig. 7). Die Prismenflächen erscheinen, mit blossem Auge betrachtet, glatt, jedoch lassen sie unter dem Mikroskope bei stärkerer Vergrösserung eine zarte Horizontalstreifung erkennen. Ob letztere durch Alternation von Prisma und Basis, oder von Prisma mit einer Pyramide der verticalen Reihe bedingt ist, liess sich nicht entscheiden, da weder die Basis noch eine Pyramide beobachtet werden konnte. Das Brachydoma hat kleine und glatte, glänzende Flächen.

Unter den untersuchten Krystallen fanden sich nur zwei normal ausgebildete. Alle anderen zeigten Wachsthumserscheinungen; wenigstens ergab es sich bei den Messungen, dass in der Prismenzone in der Regel nur zwei Winkel mit den an den normalen Krystallen gemessenen übereinstimmen, während die beiden anderen beträchtlich, im Maximum bis zu 5°, abweichen. Dies scheint mir am besten durch die Annahme einer nicht

ganz parallelen Verwachsung von zwei Krystallen sich erklären zu lassen. Solche, die eine derartige Verwachsung zeigen, finden sich öfter. Zwillinge nach $d = \{101\}\bar{P}\infty$, scheinen vorzukommen, jedoch konnte dies bei der Kleinheit der Krystalle nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Die Messungen der beiden besten Krystalle ergaben folgende Werthe:

		I.	II.	Mittel:
$m : m =$	$(110):(1\bar{1}0) =$	67° 50′	67° 43′	—
	$(1\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}0) =$	112 15	112 22	*67° 45′
	$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}10) =$	67 37	67 46	
	$(\bar{1}10):(110) =$	112 12	112 10	
$q : q =$	$(011):(0\bar{1}1) =$		98 6	*98 6
$q : m =$	$(011):(110) =$		65 4	ber. 65 6

$$a : b : c = 0,67125 : 1 : 1,1522.$$

Das Material zur Analyse wurde auf folgende Weise gewonnen. Der Zechstein wurde gespalten und dann die einzelnen Drusen ausgebrochen. Das erhaltene Material wurde grob pulverisirt und mit conc. Rohrbach-scher Lösung behandelt. Es fielen ausser Arsenkies nur noch kleine erzführende Partikel des Zechsteins nieder. Dieses Product wurde weiter bearbeitet. Ein Schlämmprocess erwies sich als unzweckmässig. Es wurde daher das Mineralgemenge durch verschiedene sehr feine Drahtsiebe gesiebt und dann die einzelnen Krystalle mit der Lupe und einem Pinsel ausgelesen. Obgleich eine ganze Stufe geopfert wurde, betrug die gewonnene Menge nur 0,2595 g. Ganz rein war die Substanz nicht; sie enthielt noch kleine Partikel von Zechstein und Dolomit. Die Analyse kann deshalb und wegen der geringen Menge Substanz keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit machen. Jedoch ist durch sie zum mindesten erwiesen, dass die kleinen Krystalle in der That Arsenkies sind.

	I.	II.	III.	Mittel:	Auf 100 ber.:	$Fe_{20}S_{18}As_{15}$
Angew. Subst.	0,0839g	0,0972g	0,0784g	—	—	—
S	—	—	19,64	19,64	20,72	20,42
As	38,37	38,00	—	38,18	40,28	39,88
Fe	37,96	38,31	34,64	36,97	39,00	39,70
Rückstand	0,36	1,24	—	1,24	—	—

$$Fe : S : As = 1 : 0,9298 : 0,7711$$
$$Fe : (S + As) = 1 : 1,70.$$

Aus der mit I bezeichneten Quantität sollte der Schwefelgehalt ermittelt werden; da die Bestimmung aber infolge eines kleinen Missgeschickes fehlschlug, so wurde in der Lösung der Gehalt an Eisen und Arsen festgestellt. Die aus I und II gewonnenen Resultate stimmen gut überein. Die dritte Quantität, die zur Reserve zurückbehalten worden war, wurde zur

Schwefelbestimmung benutzt und aus der Lösung nochmals ein Werth für den Eisengehalt gewonnen, der jedoch gegen die beiden anderen zu klein ausfiel. Die fehlenden 3—4% vertheilen sich auf die Verunreinigung und Verluste. Die Bestimmung von CO_2, Cu, Ca, Mg, C war bei den geringen Mengen von Substanz nicht möglich; die erwähnten Beimengungen betrugen mindestens 2% der angewandten Substanz. Der Arsen- und Schwefelgehalt ist wahrscheinlich um ein Procent falsch. Ein solcher Fehler war leicht möglich, da ein Verlust von 0,0008 g schon ein Procent der benutzten Menge betrug. Bei der Aufstellung der Formel ging ich so vor, dass ich aus den Werthen für Fe und As in I und II das Mittel nahm, welches der wahren Zusammensetzung ziemlich nahe kommt. Die aufgestellte Formel $F_{20}S_{18}As_{15}$, welche im Vergleich zu den gewöhnlich angegebenen Formeln zu wenig Schwefel und Arsen enthält, entspricht ziemlich genau den gefundenen Werthen.

VIII. Bräunsdorf bei Freiberg.

Die kleinen, silberweissen und stark glänzenden Krystalle sind in krystallinischem Quarze eingewachsen; sie gehören wahrscheinlich zu der Varietät »Weisserz«. In einigen Drusen fanden sich mit einem Ende aufgewachsen mehrere bis zu einem Millimeter lange Nädelchen. Die Krystalle werden begrenzt von den Formen $m = \{110\}\infty P$ und $\alpha = \{0.1.24\}\frac{1}{24}\bar{P}\infty$. Das Brachydoma ist wegen seiner geringen Neigung gegen die Makroaxe ohne Messung nicht von der Basis zu unterscheiden; die Streifung parallel der Brachydiagonale ist unter dem Mikroskope deutlich sichtbar. Die Prismenflächen sind ziemlich glatt und glänzend. Die Messungen lieferten fast übereinstimmende Resultate. Grössere Unterschiede, im Maximum ein Grad, zeigten nur die Winkel der Brachydomenzone. Die Mittelwerthe der beobachteten Winkel sind folgende:

		Gemessen:	Berechnet:
$m : m =$	$(110):(1\bar{1}0)$	$= {}^*69^\circ 48'$	—
$\alpha : \alpha =$	$(0.1.24):(0.\bar{1}.24)$	$= {}^*5\ 44,5$	—
$\alpha : m =$	$(0.1.24):(110)$	$= 91\ 47,6$	$91^\circ 38'$
$d : d =$	$(101):(10\bar{1})$	$=$ —	$60\ 18$

$$a : b : c = 0,69764 : 1 : 1,201.$$

IX. Munzig bei Meissen.

Die aus alter Zeit stammende Stufe besteht zum grösseren Theile aus derbem Arsenkiese; nur an einer Seite finden sich Krystalle, welche mit einem Ende mit der derben Masse verwachsen sind. In dem dichten Arsenkiese ist in geringer Menge Eisenkies in verzerrten Pentagondodekaëdern eingesprengt. Die freien Endigungen der Arsenkieskrystalle sind von einer

klein-traubig ausgebildeten schwarzen Masse von Psilomelan überzogen; dieser Ueberzug lässt sich jedoch, ohne die Flächen zu verletzen, leicht mit dem Messer entfernen, so dass man die Flächen für Messungen genügend spiegelnd erhält.

Der Habitus der Krystalle ist ein langprismatischer. Sie werden begrenzt von den Formen $m = \{110\}\infty P$ und $\{0m1\}m\breve{P}\infty$. Die Prismenflächen zeigen an manchen Krystallen einen lamellaren Aufbau, an anderen sind sie concav nach innen gebogen; an wieder anderen sind sie glatt; jedoch sind sie immer glänzend. Das Brachydoma ist gestreift und geben nur die Messungen der Winkel zwischen ihm und dem Prisma einigermassen zuverlässige Werthe. Der Index des Brachydomas ist daher nicht mit Sicherheit zu bestimmen; er ist ungefähr $\{016\}\frac{1}{6}\breve{P}\infty$. Unter den gemessenen Winkeln kamen Differenzen bis zu einem halben Grad vor. Die Mittelwerthe sind folgende:

$$m : m = (110):(1\bar{1}0) = {}^*68^\circ 47'$$
$$x : m = (0m1):(110) = 83\ 32$$
$$a : b = 0,68454 : 1.$$

Auf der Stufe sitzen neben einfachen Krystallen auch Zwillinge nach $\{110\}\infty P$. Zum Theil sind es Aneinanderwachsungs- (Fig. 8 und 9), zum Theil Durchkreuzungszwillinge (Fig. 10 und 11). Die Brachydomenflächen bilden, da sie gegen das Prisma eine Neigung von nahezu 90° haben, schwach ein- bezgl. ausspringende Winkel und scheinen daher ohne vorhergehende Messung in einer Ebene zu liegen. Bei den Durchkreuzungszwillingen ist dann auf dieser Scheinfläche durch das Zusammenwirken der beiden Streifungen nach den Brachydiagonalen eine rhombenartige Zeichnung zu bemerken (Fig. 11). Solche Durchkreuzungszwillinge erwähnt schon Hartmann in seinem Handbuche der Mineralogie (1843). Zwillinge nach $\{101\}\bar{P}\infty$ waren auf der Stufe nicht vorhanden.

X. Rauris, Salzburg.

In grünlichweissem, deutlich schieferigem Gneiss sind auf einer Kluft quer zur Schieferung Krystalle von Arsenkies eingewachsen. Sie erreichen eine Grösse von 4—6 mm in der Richtung der Brachy- und Makrodiagonale und haben eine Dicke von 1—2 mm. Alle sind mit etwas Brauneisen überzogen und reflectiren infolge dessen das Licht nur schwach. Die Krystalle sind nicht flächenreich und zeigen nur die Formen $m = \{110\}\infty P$, $d = \{101\}\bar{P}\infty$, $t = \{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$ (Fig. 12). An allen Krystallen ist das Makropinakoid angedeutet; ob es eine wirkliche Fläche ist oder durch Alternirung der Makrodomenflächen zu Stande kommt, lässt sich bei der mangelhaften Spiegelung der Krystalle nicht mit Sicherheit entscheiden. Trotz der schwachen Reflexe konnten die Winkel doch noch mit genügender Genauig-

keit bestimmt werden; die Winkel, welche ein Krystall nach Auflegen eines Goldblättchens ergab, stimmten bis auf wenige Minuten mit den zuerst erhaltenen Werthen überein. Grosse Differenzen zwischen den gemessenen und berechneten Werthen finden sich bei den Winkeln $t : t = (013):(0\bar{1}3)$ und $t : d = (013):(101)$; sie sind in der starken Streifung des Brachydomas begründet. Die Mittelwerthe der gemessenen Winkel sind folgende:

	Gemessen:	Berechnet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0) =$	*63° 58,'6	
$d : d = (101):(10\bar{1}) =$	*58 22,7	
$t : t = (013):(0\bar{1}3) =$	39 34	40° 52′
$d : m = (101):(110) =$	42 22	42 44
$t : m = (013):(110) =$	79 47	79 20
$t : d = (013):(101) =$	64 40	62 48

Das Axenverhältnis ist:

$$a : b : c = 0{,}62459 : 1 : 1{,}1181.$$

XI. Redruth, Cornwall.

Die hiesige Sammlung besitzt von diesem Fundorte nur einige wenige dunkel stahlgraue Krystalle, welche einen langprismatischen Habitus zeigen. Sie besitzen eine merkwürdige Ausbildung, insofern nämlich kein Brachydoma beobachtet werden konnte, welches sonst nie fehlt und für den Arsenkies geradezu charakteristisch ist. Die kleinen, ungefähr 3 mm langen, etwa $\frac{1}{2}$ mm dicken und ebenso breiten Krystalle zeigen nur die Combination $m = \{110\}\infty P$, $d = \{101\}\bar{P}\infty$, $c = \{001\}0P$ (Fig. 13). Die Basis war nicht immer vorhanden. Die Flächen sind im Allgemeinen glatt, aber häufig nicht glänzend; namentlich gilt letzteres für die Prismenflächen, während das Makrodoma und die Basis durch ihren Glanz auffallen. Bei den Messungen kamen Differenzen von einigen Minuten, in einem Falle von einem Grad vor. Gemessen wurden folgende Winkel:

	Gemessen:	Berechnet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0) =$	*67° 33,'7	—
$d : d = (101):(\bar{1}01) =$	*121 33,5	—
$c : d = (001):(101) =$	60 40	60° 47′
$d : m = (101):(110) =$	43 38	43 30

Aus den bezeichneten Werthen berechnet sich das Axenverhältniss

$$a : b : c = 0{,}66894 : 1 : 1{,}1959.$$

XII. Pestarena in Piemont.

Die Arsenkiese sitzen einzeln zwischen langsäulig entwickelten Quarzkryställchen; als jüngere Bildung findet sich auf dem Quarz aufgewachsen

noch weisser Kalkspath in der Form des Skalenoëders $R3$. Die Krystalle des Arsenkieses haben einen kurzprismatischen Habitus und werden begrenzt von den Formen $m = \{110\}\infty P$ und $\{027\}\frac{2}{7}\breve{P}\infty$. Die Prismenflächen sind glänzend, aber nicht immer eben, sondern eingebogen und oft lamellar aufgebaut. Das Brachydoma ist nicht so glänzend, wie die Prismenflächen und ziemlich stark gestreift, so dass sein Zeichen sich nicht mit Genauigkeit feststellen lässt. Die Differenzen der Messungsresultate erreichten bei dem Winkel $m = (110)\infty P : (027)\frac{2}{7}\breve{P}\infty$ mit 1° ihr Maximum. Die Mittelwerthe der gemessenen Winkel sind:

		Gemessen:	Berechnet:
$m : m$	$= (1\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}0) =$	*112° 16′	—
$m : \frac{2}{7}\breve{P}\infty$	$= (1\bar{1}0):(027) =$	*79° 44	—
	$= (027):(0\bar{2}7) =$	37 5	37° 19′

Als Axenverhältniss ergiebt sich

$$a : b : c = 0,67118 : 1 : 1,18209.$$

XIII. Sala in Schweden.

Nach Arzruni*) und Baerwald kommt der Arsenkies in Sala theils in körnigem Kalk, theils in Serpentin eingewachsen vor. Weibull**) beschreibt Krystalle aus zersetztem Augit, sogenanntem Pikrophyll, der wahrscheinlich mit dem Serpentin identisch ist. Welchem Gesteine die von mir untersuchten, von dem Mineraliencomptoir Krantz in Bonn bezogenen losen Krystalle entstammen, ist nicht festzustellen.

Die ausserordentlich gute Ausbildung der Brachydomenflächen veranlasste mich zu einer nochmaligen Untersuchung. Die Krystalle haben, gleich den von Arzruni und Weibull beschriebenen, einen prismatischen Habitus. Sie sind von mittlerer Grösse und begrenzt von den Formen $m = \{110\}\infty P$, $n = \{012\}\frac{1}{2}\breve{P}\infty$, $q = \{011\}\breve{P}\infty$ (Fig. 14). Die Beschaffenheit der Flächen ist, wie bereits erwähnt, eine gute, besonders ist das primäre Brachydoma glatt und glänzend. Auf den Flächen von $n = \{012\}\frac{1}{2}\breve{P}\infty$ ist zwar eine Streifung vorhanden, jedoch ist sie für die Messungen ohne Bedeutung.

Es fand sich auch ein Zwilling nach $m = \{110\}\infty P$, welcher infolge des oktaëderähnlichen Habitus der Einzelkrystalle eine gewisse Aehnlichkeit mit einem Zwilling nach dem Spinellgesetz hat. Die ein- und ausspringenden Winkel werden von je zwei Brachydomen und je zwei Prismenflächen gebildet; natürlich haben hier die Prismenflächen parallel der Zwillingsebene nicht wie die der Verwachsungsfläche parallel gehenden Oktaëderflächen

*) Diese Zeitschr. 7, 340.

**) Diese Zeitschr. 20, 14.

die Form eines gleichseitigen, sondern die eines gleichschenkligen Dreiecks. Weibull erwähnt von Sala Drillinge nach $\bar{P}\infty\{101\}$.

Die Resultate meiner Messungen sind in der ersten Spalte der folgenden Tabelle aufgeführt, zum Vergleiche habe ich in der dritten und vierten Spalte die Werthe von Arzruni und Weibull angegeben.

	Beobachtet:	Berechnet:	Arzruni:	Weibull:
$m : m = (110):(1\bar{1}0) =$	*68° 43,8	—	*68° 29′	*68° 44′
$q : q = (011):(01\bar{1}) =$	*80 14	—	*80 4	*79 33
$q : n = (011):(012) =$	18 56	19° 12′	19 7	19 6 — 19° 16′
$n : n = (012):(0\bar{1}2) =$	61 36,6	61 22	61 40	62 0
$q : m = (011):(110) =$	64 9	64 25	—	—
$n : m = (012):(110) =$	73 23	73 15	—	—
$m : \underline{m} = (110):(\underline{1\bar{1}0}) =$	42 17	42 32	—	42 52

Als Axenverhältniss berechnet sich:

$a : b : c = 0,68381 : 1 : 1,1868$
$a : b : c = 0,68386 : 1 : 1,2013$ Weibull
$a : b : c = 0,68066 : 1 : 1,19017$ Arzruni.

Wie aus der Winkeltabelle ersichtlich, stimmen die von mir beobachteten Werthe mit denen von Arzruni und Weibull zum Theil überein; der Prismenwinkel genau mit dem von Weibull gefundenen, so dass ich vermuthe, dass die von mir untersuchten Krystalle ebenfalls aus zersetztem Augit stammen. Nach Weibull hat der Arsenkies von Sala eine etwas schwankende Zusammensetzung, welche am besten durch die Formel $Fe(As,S)_2$ dargestellt wird.

XIV. Csiklova im Banat.

Von diesem Vorkommen liegen mir nur drei Krystalle vor; sie sind schon von Arzruni gemessen, aber wegen der Verschiedenheit der Resultate nicht berücksichtigt worden. Mir ist es bei Anwendung des runden, von Websky seiner Zeit*) in Vorschlag gebrachten Signals gelungen, wenigstens bei zwei Krystallen übereinstimmende Werthe zu finden, während der dritte wegen der schlechten Beschaffenheit seiner Flächen keine genauen Messungen zuliess. Bei Anwendung des eben erwähnten Signals treten die störenden Nebenreflexe fast ganz zurück, während nur noch ein bis zwei Hauptbilder übrig bleiben.

Der Habitus der Krystalle ist kurzprismatisch. Prisma und Brachydoma sind gleich gross entwickelt und zeigt das erstere einen schaligen Aufbau Das Brachydoma ist brachydiagonal gestreift. Die einfachen Krystalle stellen

*) Diese Zeitschr. 4, 547.

die Combination $m = \{110\} \infty P$, $t = \{013\} \frac{1}{3}\breve{P}\infty$ dar. Es wurden folgende Winkel gemessen:

	Gemessen:	Berechnet:
$m : m = (110):(1\bar{1}0) =$	*69° 32,′4	—
$(1\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}0) =$	110 33	—
$t : t = (013):(0\bar{1}3) =$	*45 18	—
$m : t = (110):(013) =$	77 27	77° 19′

Das Axenverhältniss ist daher

$$a : b : c = 0,69424 : 1 : 1,2519.$$

Die begleitenden Mineralien des Arsenkieses sind meist solche Verbindungen, die ihrer chemischen Natur nach wohl gleichzeitig und auf dieselbe Weise, wie der Arsenkies entstanden sind. Es liegt daher der Gedanke nicht fern, dass der Arsenkies kleine Partikel seiner begleitenden Mineralien umschlösse, wie es im Grossen häufig auf Erzgängen vorkommt. In der That haben Platten von Krystallen, welche ich angefertigt habe, das Resultat ergeben, dass der Arsenkies meist keine homogene Substanz ist. Ebenso hat Weibull, dessen Arbeit, wie bereits erwähnt, während meiner Untersuchungen erschien, durch Dünnschliffe Einschlüsse von Magnetit, Magnetkies, Kupferkies nachgewiesen. Die Bestimmung der Einschlüsse ist, da man es mit opaken Mineralien zu thun hat, nur durch die Beobachtung der Farbe im reflectirten Lichte und durch mikrochemische Reactionen möglich, und sind daher zuweilen Irrthümer nicht ausgeschlossen.

Meine Untersuchungen wurden in folgender Weise ausgeführt. An einem möglichst einfach ausgebildeten Krystall wurde auf einer matten Glasplatte mit Smirgel eine orientirte, krystallographisch mögliche Fläche angeschliffen. Diese wurde gereinigt und auf dem Leder polirt. Auf der Fläche zeigten sich schon beim Betrachten mit blossem Auge mehr oder weniger grosse Einschlüsse; ihre Anzahl vermehrte sich unter dem Mikroskope merklich.

Da beim Behandeln mit Salpetersäure der Arsenkies regelmässig eine Schwefelabscheidung giebt und dies für die regelmässige Ausbildung der Aetzeindrücke hinderlich sein kann, so wurde zum Aetzen Königswasser verwandt; es tritt dann Schwefelabscheidung entweder gar nicht oder nur in minimalen Quantitäten ein. Im Laufe der Versuche ergab sich, dass es weniger auf die Concentration und auf die Temperatur der Säure, als auf die Dauer der Aetzung ankommt.

Die Krystalle, die untersucht wurden, zeigten häufig, dass sie nicht vollständig aus parallel aggregirtem Material bestehen, da, wenn man die Platte das Licht reflectiren lässt, einzelne Theile in dieser Stellung matt erscheinen. Oft finden sich diese matten, nicht so wie die Hauptmasse orientirten Partieen, als Randzone von Einschlüssen. Die Molekularkräfte

der die Einschlüsse bildenden Moleküle haben offenbar richtend auf die in ihre Wirkungssphäre kommenden Arsenkiesmoleküle eingewirkt und dadurch eine andere Orientirung hervorgerufen. Auf den angeschliffenen Flächen zeigten sich auch längere mit anderer Substanz angefüllte Spalten, welche von der Säure schnell ausgefressen wurden, so dass der Krystall an solchen Stellen in Stücke ging. Ferner wurde beobachtet, dass Krystalle, die äusserlich keinen Zweifel liessen, dass sie einheitlich seien, aus mehreren Individuen zusammengesetzt waren.

Die beobachteten Aetzeindrücke bestanden auf den verschiedenen Flächen in Linien, ovalen Vertiefungen und Rinnen. Auf der Basis und dem Makropinakoid entstanden zuerst Linien, dann bildeten sich bei Fortsetzung der Aetzung ovale Vertiefungen; diese flossen allmählich zu Rinnen zusammen. Die Linien zeigten auf der angeschliffenen Fläche immer eine bestimmte regelmässige Orientirung; bei den ovalen Vertiefungen lässt sich die regelmässige Anordnung nicht immer beobachten.

Am besten zur Darstellung der oben erwähnten Aetzeindrücke erwiesen sich die Krystalle von Joachimsthal in Böhmen. Sie sind eine Combination von $m = \{110\}\infty P$, $r = \{108\}\frac{1}{8}\breve{P}\infty$ und einem noch flacheren Brachydoma, manchmal zeigen sie auch klein $d = \{101\}\bar{P}\infty$. Die Krystalle haben tafelartigen Habitus durch das Vorwalten der Brachydomenflächen. An den Krystallen von Joachimsthal wurden namentlich die Aetzerscheinungen auf der Basis untersucht. Auf der angeschliffenen Fläche konnte man in der sonst homogen aussehenden Arsenkiesmasse im auffallenden Lichte einzelne schwarz und bläulich schimmernde Stellen von unregelmässiger Begrenzung erkennen (Fig. 15). In diesen dunkeln, als Einschlüsse zu deutenden, Partieen fanden sich auch einzelne Funken eines gelben Minerals. Die schwarzen Theile bestehen aus einem gegen Säure sehr widerstandsfähigem Material, da sie beim Aetzen sehr lange glänzend bleiben. Dieselben sind wahrscheinlich Magnetit, wenigstens konnte nachgewiesen werden, dass die Substanz magnetisch ist, während die Arsenkiesmasse vom Magneten nicht angezogen wird. Dass die Einschlüsse einer anderen Substanz als dem Arsenkies angehören, geht auch daraus hervor, dass die Aetzlinien nicht durch die Einschlüsse hindurch gehen. Die gelben Partikelchen verschwanden beim Weiterätzen sehr bald und bestehen wahrscheinlich aus Eisenkies.

Die Aetzlinien treten beim Behandeln der Krystalle mit heissem Königswasser schon nach 1 Minute deutlich hervor. Sie gehen den Combinationskanten $\infty P : 0P (110):(001)$ parallel. Die Linien setzen an den Diagonalen der rhombischen Basisfläche scharf ab (Fig. 16) und bezeichnen auf diese Weise die Richtung der $\breve{a}$- und $\bar{b}$-Axe. Die Fläche $0P$ (001) scheint in vier Felder getheilt. Die Streifen sind immer so orientirt, dass die in den gegenüberliegenden Quadranten $(\breve{a}, \bar{b})$ und $(-\breve{a}, -\bar{b})$, ebenso die in den

Quadranten ($-\breve{a}$, $+\bar{b}$) und ($+\breve{a}$, $-\bar{b}$) gelegenen Theile gleichzeitig einspiegeln. Eine Messung der Neigungen der entstandenen Aetzflächen zu natürlichen Krystallflächen hatte keinen Erfolg. Nach längerem Aetzen werden die Streifen zuerst immer deutlicher, dann aber entstehen kleine ovale Vertiefungen, welche im Anfang keine regelmässige Orientirung erkennen lassen. Erst, wenn sie grösser geworden sind, sieht man, dass ihre längere Ausdehnung in die Richtung der Streifen fällt. Bei genügend langem Aetzen verfliessen die ovalen Vertiefungen in einander und bilden so Rinnen parallel der Richtung der Streifen.

Auf den Brachydomenflächen zeigt sich beim Aetzen eine Fältelung parallel den Combinationskanten mit $\{110\}\infty P$. Die Prismenflächen sind sehr widerstandsfähig gegen Säuren. Sie werden erst angegriffen, wenn auf $\{001\}0P$ die ersten ovalen Vertiefungen entstehen. Es zeigen sich dann auf ihnen sofort ähnliche ovale Vertiefungen, welche manchmal eine Anordnung parallel der Verticalaxe erkennen lassen.

Dieses Verhalten der Prismenflächen giebt nun Anhaltspunkte zur Erklärung der Streifen auf $\{001\}0P$. Wären beim Arsenkiese als Flächen grössten Lösungswiderstandes, also als Aetzflächen, die Prismen oder Pyramidenflächen anzusehen, so dürfte man erwarten, dass auf der Basis beim Aetzen eine regelmässige Parquettirung nach den Combinationskanten mit $\{110\}\infty P$ entsteht, wie dies auch beim Arsenkies von Sala der Fall ist (Fig. 20). Der Umstand, dass auf der Basis vier Felder erscheinen, die sich in gegenüberliegenden Quadranten gleich verhalten, deutet auf Zwillingsbildung hin. Diese Erklärung setzt jedoch die Annahme von asymmetrischen Individuen voraus und hat deshalb wenig Anspruch auf Richtigkeit. Wahrscheinlicher erscheint es mir, dass die Aetzlinien durch den verschiedenen Grad der Löslichkeit einzelner Theile des die Krystalle zusammensetzenden Materials entstehen, eine Vermuthung, die zur Annahme eines Schalenaufbaues für den Arsenkies von Joachimsthal zwingt. Dieser Aufbau muss sich besonders beim Aetzen eines Schnittes mitten durch den Krystall senkrecht zur Prismenzone bemerkbar machen, da durch ihn verhältnissmässig viele, im günstigsten Falle sogar alle, Schalen getroffen und durch deren verschiedene Löslichkeit die Aetzlinien hervorgerufen werden. Da der Arsenkies zweifelsohne wässeriger Entstehung ist, so ist es beim Wechsel der Zusammensetzung der Mutterlauge leicht erklärlich, dass um einen schon vorhandenen Kern chemisch verschieden zusammengesetzte und deshalb verschieden lösliche Schichten ankrystallisirten.

Einige der Joachimsthaler Krystalle zeigten die im Folgenden beschriebenen Erscheinungen. Ich halte mich hier an ein bestimmtes Beispiel, mit welchem die anderen in allen wesentlichen Punkten übereinstimmen. An 'nem scheinbar einfachen und regelmässig gebauten Krystall wurde die

Basis angeschliffen, polirt und geätzt. Auf der Fläche, die sehr glatt polirt war, zeigte sich nahe am Rande ein ziemlich grosser schwarzer Einschluss, welcher auch einige gelbe Partikelchen enthielt (Fig. 15). Die Aetzung wurde mit warmem Königswasser vorgenommen, nachdem vorher der Krystall sorgfältig gereinigt war. Nach einer Aetzung von 1 Minute zeigten sich am Rande der Basis die Streifen sehr deutlich, während sie in der Mitte nicht hervortraten. Nach einer gleich lange dauernden Wiederholung der Aetzung wurden die Streifen deutlicher; in der Mitte aber konnte man einen Rhombus beobachten, der sich scharf von den anderen Partieen der Fläche unterscheiden liess. Die Scheitel der spitzen Winkel des Rhombus fallen mit den Scheiteln der spitzen Prismenwinkel zusammen. Jedoch sind die Winkel des Rhombus viel spitzer resp. stumpfer wie die Prismenwinkel. Letztere betragen 68°, erstere nur 35°—36°. In diesem Rhombus ist nun eine anders gerichtete Streifung bemerkbar. Die Streifen sind nicht gleichmässig vertheilt, sondern zu etwas breiteren Bändern geschaart, wie es die Skizze (Fig. 17) zeigt. Die Bänder bilden beim Zusammentreffen keine scharfe Grenze, sondern greifen übereinander. Sie schliessen mit den Umgrenzungslinien Winkel von 60°—70° ein. Merkwürdigerweise zeigen die natürlichen, nicht angeschliffenen Brachydomenflächen nach der Aetzung eine gleichsinnige Streifung, wie der Rhombus auf der angeschliffenen Basis, auch hier machen die Streifen mit den Combinationskanten $(018)\frac{1}{8}\breve{P}\infty : (110)\infty P$ Winkel von ungefähr 60°—70° (Fig. 18).

Es liegt nahe, diese Erscheinungen durch Zwillingsbildung zu erklären. Der Krystall zeigte auf den oben erwähnten Brachydomenflächen ein paar winzige nasenartige Vorsprünge, die sich wohl als Theile eines Individuums deuten liessen, das mit dem grossen Krystall nach $(101)\bar{P}\infty$ verwachsen war, dagegen machte sich auf der angeschliffenen ungeätzten Basis keine Spur von Zwillingsbildung bemerklich. Man erhält Aufschluss über diese Verhältnisse, wenn man die Aetzfiguren an regelmässig ausgebildeten Zwillingen nach $(101)\bar{P}\infty$ z. B. von Freiberg oder Joachimsthal untersucht. Schleift man nämlich eine Fläche parallel der Basis des einen Krystalles an, so entspricht dieselbe einer Fläche aus der Makrodomenzone des anderen Krystalles. Die Aetzfiguren erscheinen auf dem Theile, welcher mit der Basis zusammenfällt, als Aetzlinien parallel den Combinationskanten $(110)\infty P : (001)0P$, auf demjenigen Theile, welcher der Makrodomenfläche entspricht, als eine Streifung parallel den Combinationskanten $(m01)m\bar{P}\infty : (110)\infty P$ (vergl. Fig. 19, welche sich auf einen geätzten Zwilling von Freiberg bezieht). Die Streifung nach den Combinationskanten $(m01)m\bar{P}\infty : (110)\infty P$ ist nur einseitig vorhanden; es hat dies wahrscheinlich seinen Grund in der nicht genügend langen Dauer der Aetzung.

Die in dem Rhombus sichtbaren Aetzlinien stimmen ihrer Lage nach

mit denjenigen auf einer Makrodomenfläche überein. Daraus folgt, dass die oben erwähnten Erscheinungen durch eine regelmässige Verwachsung erklärt werden können. Eine einfache Zwillingsbildung von zwei Individuen reicht allerdings zur Deutung nicht aus, weil in diesem Falle die Liniensysteme einfacher erscheinen würden. Nehmen wir aber an, dass mit einem Hauptindividuum zwei andere nach dem Makrodoma verwachsen sind, so stimmen die theoretisch abgeleiteten Aetzfiguren mit den beobachteten überein. Die Basis des Hauptkrystalles ist für die beiden anderen eine Makrodomenfläche. Die auf ihnen erscheinenden Aetzlinien müssen symmetrisch liegen zu dem Makro- und Brachypinakoid des Mittelkrystalls, wie dies auch annähernd in unserem Beispiele der Fall ist. Es sind daher Krystalle, welche oben beschriebene Configuration der Aetzlinien (Fig. 17) zeigen, auch wenn sie äusserlich einheitlich erscheinen, als Drillinge nach $\{101\}\bar{P}\infty$ aufzufassen.

Die einfachen Streifungen, wie in Fig. 16, wurden ferner noch beobachtet an Krystallen von Freiberg, Sala, Macagão. Durch den complicirten Aufbau der Zwillinge wird die Regelmässigkeit der Streifungen oft gestört.

Die Krystalle von Sala sind sehr widerstandsfähig gegen Säuren; erst nach längerem Behandeln mit warmem Königswasser wurden Aetzlinien beobachtet, welche wohl auch den Combinationskanten $(001)\,0P:(110)\,\infty P$ parallel gingen, aber an den Diagonalen der Schnittfigur nicht endeten, sondern sich durchsetzten (Fig. 20). Der Arsenkies von Sala enthielt sehr wenig Einschlüsse einer schwarzen, stark glänzenden Masse, die von der Säure erst nach längerer Zeit angegriffen wurde. Die Einschlüsse sind an Zahl und Grösse gering und ist daher der Arsenkies von Sala, wie auch eine Analyse von Weibull ergiebt, fast reiner Arsenkies.

Ein Krystall von Macagão, an welchem das Makropinakoid angeschliffen wurde, enthielt sehr viel Einschlüsse einer schwarzen Masse wie der Arsenkies von Sala. Die Aetzlinien liefen parallel den Combinationskanten $(110)\,\infty P:(101)\,\infty\bar{P}\infty$. Auf den Brachydomenflächen waren die ovalen Vertiefungen perlschnurartig aneinander gereiht und gingen der Brachydiagonale parallel.

Die Figuren 21 und 22 stellen eine ungeätzte angeschliffene Basis- und Makrodomenfläche von Krystallen von Freiberg dar. Die schattirten Stellen sind Einschlüsse. In Figur 22 bedeuten die innerhalb der Fläche ausgezogenen Linien die Zwillingsgrenzen.

In der hiesigen Sammlung befinden sich Krystalle von der Grube Lampertus bei Hohenstein in Sachsen, welche natürliche Aetzfiguren zeigen. Auch hier bemerkt man, dass die Prismenflächen widerstandsfähiger sind; auf ihnen sind an keinem Krystall Aetzeindrücke zu beobachten. Die Endflächen und das Makrodoma sind matt und über und über mit ovalen Vertiefungen bedeckt, die jedoch keine Orientirung erkennen lassen.

Fassen wir die Resultate der chemischen Untersuchung zusammen, so müssen wir diejenigen der Arsenkiese vom Turtmannthal, Modum und Bieber einer näheren Betrachtung unterwerfen. Die Analysen ergaben einen zu hohen Eisengehalt, der nicht allein durch Einschlüsse erklärt werden kann, obgleich diese bei Anwendung geringer Mengen zur Untersuchung merkliche Fehler hervorrufen können. Es ist wahrscheinlich, dass das Analysenmaterial leider trotz der sorgfältigen Auswahl nicht frei von fremden Beimengungen, vielleicht von Magnetkies oder Magnetit war. Die Analysen sollen daher, sobald die nöthigen Mengen Substanz beschafft sind, noch einmal wiederholt werden. Aus dem Grunde habe ich die Werthe für den Schwefelgehalt in der folgenden Tabelle weniger in Betracht gezogen und dieses durch Einschluss der auf Turtmannthal, Modum, Bieber bezüglichen Daten in Klammern angedeutet. Die Zusammensetzung der Arsenkiese von Freiberg, Thala Bisztra, Deloro, Macagão, bei welchen die Einschlüsse von geringerem Einfluss zu sein scheinen, entspricht einer Formel $Fe_{m+n}S_{2m}As_{2n}$, in welcher das Verhältniss $\frac{m}{n}$ wenig von der Einheit abweicht. Die Weibull'sche Annahme, dass in dem Normalarsenkies $FeAsS$ bis zu 10 % durch FeS_2 oder $FeAs_2$ ersetzt werden können, scheint nicht immer erfüllt zu sein, wenigstens habe ich in einem Falle (Deloro) eine Vertretung bis zu 12,5 % beobachtet.

Was nun die Frage anbetrifft, ob der Arsenkies eine isomorphe Mischung von Markasit und Löllingit ist, so lässt sie sich auch heute mit Bestimmtheit nicht entscheiden, obgleich uns sehr viel Analysen vorliegen. Die Mehrzahl derselben spricht allerdings zu Gunsten der isomorphen Mischung. Jedoch können wir einen bestimmten Schluss nicht ziehen, da, wie wir gesehen haben, fast alle Arsenkiese durch Einschlüsse verunreinigt sind, und wir deren Einfluss auf die Zusammensetzung noch nicht hinreichend kennen. Diejenige Varietät, die sich nach meinen Untersuchungen als verhältnissmässig rein erwies, nämlich der Arsenkies von Sala, ergab nach einer Analyse von Weibull eine Zusammensetzung, die fast genau der Formel $FeAsS$ entspricht. Dies bestärkt einerseits in der Ansicht, dass man es mit einer isomorphen Mischung zu thun hat, andererseits aber lassen die andere Resultate ergebenden Analysen noch manche Zweifel aufkommen.

Was nun den Zusammenhang zwischen Krystallform und chemischer Constitution betrifft, so wird ein solcher wohl vorhanden sein, da ja die Krystallform durch die Beschaffenheit des chemischen Moleküls bedingt ist. Magel und Weibull nehmen die Gültigkeit des Arzruni'schen Gesetzes an. Fasst man jedoch die Resultate der drei vorgenannten Beobachter zusammen, so ergiebt sich, dass die Richtigkeit des Gesetzes mindestens zweifelhaft ist.

Aus der folgenden Tabelle, in welcher alle diejenigen Vorkommen von

Arsenkies zusammengestellt sind, die goniometrisch untersucht und deren Analysen mit goniometrisch bestimmtem Material ausgeführt sind, geht jedoch hervor, dass die Zunahme der Brachyaxe nicht in einem regelmässigen Zusammenhange mit dem Schwefelgehalt steht, ebenso wenig ist, wie schon Weibull bemerkt, der Quotient $\frac{a}{c}$ constant.

Die Spalten der Tabelle enthalten der Reihe nach den Fundort, den Prismenwinkel, die Brachyaxe, den Schwefelgehalt, den Quotienten $\frac{a}{c}$ und den Beobachter resp. den Analytiker:

Fundort:	Prismenwinkel:	$\frac{\breve{a}}{\bar{b}}$	S	$\frac{a}{c}$	Beobachter resp. Analytiker:
Bindt (Ungarn)	66° 13′—68° 48′	—	20,03	—	Schmidt, A. / Loczka, J.
Wunsiedel	67° 25′	0,66713	18,64	0,56057	Oebbeke
Thala Bisztra	67 26	0,66733	19,36	0,56405	Scherer
Leyerschlag	67 37	0,66965	21,06	0,566	Rumpf
Spräkla II	67 41	0,67049	17,49	0,5652	Weibull
Reichenstein	67 43	0,67092	18,051	0,5644	Arzruni
Bieber	67 45	0,67125	20,72	0,5826	Scherer
Deloro	67 46	0,67153	22,23	0,5642	Scherer
Wester-Silfberg	67 50	0,67239	18,22	0,5652	Weibull
Mitterberg	67 59	0,67429	21,36	0,5675	Arzruni / Hauer
Hohenstein	68 13	0,67726	19,41	0,56998	Arzruni
Auerbach II	68 15	0,67768	20,099	0,5663	Magel
Freiberg (Gr. Himmelfahrt)	68 19	0,67834	20,27	0,5796	Scherer
Nyberg I	68 22	0,67917	19,00	0,5703	Weibull
Plinian	68 24	0,67959	20,08	0,5677	Arzruni / Plattner
Macagão	68 28	0,68046	21,07	0,5743	Scherer
Sala	68 29	0,68066	20,44	0,5719	Arzruni
[Modum	68 30	0,68095	20,56	0,5763	Scherer]
Joachimsthal	68 36	0,68215	20,52	0,5821	Arzruni
Auerbach I	68 37	0,68236	20,64	—	Magel
Freiberg	68 39	0,68279	20,83	0,5822	Arzruni
Wester-Silfberg II	68 40	0,68300	19,86	0,5728	Weibull
[Turtmannthal	68 41	0,68326	20,53	0,5739	Scherer]
Sala	68 44	0,68386	20,39	0,5692	Weibull
Freiberg	68° 48′—69° 24′	0,689	21,6	—	Weibull
Serbien	68 55	0,6862	21,86	0,5863	Schmidt / Loczka
Binnenthal	69 11	0,68964	22,47	0,5775	Arzruni

Die beiden anderen Bestandtheile Arsen und Eisen sind zum Vergleiche weniger geeignet, da ihre Bestimmung nicht mit derselben Genauigkeit auszuführen ist, wie die des Schwefels. Weder eine Zusammenstellung der Arsenkiese, die in gleichen Gesteinen und von gleichen Mineralien begleitet

vorkommen, noch eine Ordnung nach dem specifischen Gewichte ergab einen gesetzmässigen Zusammenhang zwischen Schwefelgehalt und der Länge der Brachyaxe. Ein gewisser Zusammenhang ist ja nicht zu leugnen und wahrscheinlich ist es, dass ein solcher besteht, aber dass derselbe so einfach, wie Arzruni auf Grund seiner Untersuchungen annimmt, kann ich bei dem zusammenfassenden Vergleiche sämmtlicher in der Tabelle zusammengestellten Angaben nicht anerkennen. Ich glaube vielmehr, dass das Gesetz nicht in einfacher Proportionalität der beiden angegebenen Grössen besteht.

Die in den vorhergehenden Untersuchungen erhaltenen Resultate sind folgende:

1) Die Arsenkiese sind häufig keine homogenen Verbindungen, sondern enthalten Einschlüsse von Magnetit und anderen Mineralien.

2) Viele Vorkommnisse lassen einen deutlichen Aufbau aus verschieden löslichen, daher auch verschieden zusammengesetzten Schalen erkennen.

3) Sieht man von diesem Schalenaufbau ab, so sind die meisten Arsenkiese isomorphe Mischungen von m Theilen FeS_2 und n Theilen $FeAs_2$, wobei das Verhältniss $\frac{m}{n}$ wenig von der Einheit abweicht.

4) Das Axenverhältniss $a : b : c$ erscheint nicht in einfacher Weise abhängig von dem Schwefelgehalt.

5) Die Aetzfiguren bestehen in Streifen, welche auf der Basis parallel der Combinationskante dieser Fläche mit dem Prisma gehen.

6) Krystalle, die äusserlich einheitlich zu sein scheinen, sind zuweilen aus mehreren Individuen aufgebaut.

In der folgenden Tabelle habe ich die bis jetzt am Arsenkies beobachteten Formen zusammengestellt.

1. $m\{110\}\infty P$
2. $\delta\{310\}\infty\bar{P}3$
3. $d\{101\}\bar{P}\infty$
4. $p\{010\}\infty\breve{P}\infty$
5. $e\{100\}\infty\bar{P}\infty$
6. $\zeta\{0.17.2\}\frac{17}{2}\breve{P}\infty$
7. $\{031\}3\breve{P}\infty$
8. $k\{021\}2\breve{P}\infty$
9. $\varepsilon\{054\}\frac{5}{4}\breve{P}\infty$
10. $q\{011\}\breve{P}\infty$
11. $y\{023\}\frac{2}{3}\breve{P}\infty$
12. $n\{012\}\frac{1}{2}\breve{P}\infty$
13. $t\{013\}\frac{1}{3}\breve{P}\infty$
14. $u\{014\}\frac{1}{4}\breve{P}\infty$
15. $\beta\{016\}\frac{1}{6}\breve{P}\infty$
16. $r\{018\}\frac{1}{8}\breve{P}\infty$
17. $x\{0.1.16\}\frac{1}{16}\breve{P}\infty$
18. $\alpha\{0.1.24\}\frac{1}{24}\breve{P}\infty$
19. $c\{001\}0P$
20. $v\{212\}\bar{P}2$
21. $\{321\}3\bar{P}\frac{3}{2}$
22. $o\{111\}P$
23. $\{331\}3P$.

Eine Zusammenstellung der für die bis jetzt beschriebenen Arsenkies-Vorkommen charakteristischen Eigenschaften enthält die beigefügte Tabelle. Die Ordnung ist nach der Grösse des Prismenwinkels erfolgt.

Fundort	Vorkommen	Begleitende Mineralien	Habitus	Beobachtete Formen
Rauris, Salzburg (Scherer)	im Gneis	—	verlängert nach der a-Axe	{110}{101}{013}{100}
Orawitza (Scherer)	im Serpentin	—	kurzprismatisch nach der c-Axe	{110}{101}{013}{111}
Bindt, Ungarn (Schmidt)	im talk. Thon	Siderit	verlängert nach der a-Axe	{012}{110}{101}{011}
Wunsiedel (Oebbeke)	im körnigen Kalk	—	verlängert nach der a-Axe	{011}{101}{110}
Thala Bisztra (Scherer)	im Serpentin	—	kurzprism. n. d. c-Axe	{110}{013}{101}{111}{011}
Redruth, Cornwall (Scher.)	—	—	langprism. n. d. c-Axe	{110}{101}{001}
Leyerschlag b. Schladming (Rumpf)	in Calcit, Quarz, Smaltin	—	kurzprism. n. d. c-Axe	{110}{011}{101}{012}{013}{001}{122}
Spräkla II. Typ. (Weibull)	im körnigen Kalk eingelagert in Granulit	Magnetit	langprism. n. d. c-Axe	{110}{101}{011}{012}{021}
Reichenstein i. Schles. (Arzruni u. Hare)	im Serpentin	Magnetit, Kupferkies, Pyrit etc.	langprism. n. d. c-Axe	{110}{101}{012}
Pestarena, Piemont (Scher.)	Quarz	Kalkspath	kurzprism. n. d. c-Axe	{110}{013}
Bieber i. Hessen (Scherer)	im dünnschiefrigen Zechstein	Dolomit Fahlerz	langprism. n. d. c-Axe	{110}{011}
Csetnek, Ung. (Schmidt)	—	—	prismatisch	{110}{013}
Deloro, Hastings Co. (Scher.)	Quarzit	—	verläng. n. d. a-Axe	{110}{101}{011}{012}{013}{034}{0.17.2}{310}
Wester-Silfberg III. Typ. (Weibull)	in Einlagerungen v. Kalkspath und Flussspath im Granulit	Magnetit Zinkblende	langprism. n. d. c-Axe	{110}{011}{012}
Weiler, Elsass (Bücking) (Scherer)	in quarzreichem Geröll d. Arkose	—	langprism. n. d. c-Axe	{110}{011}{018}
Marienberg (Arzruni)	Kieselholz	—	—	{110}{101}
Mitterberg b. Werfen (Arz.)	in Glimmerschiefer	Pyrit	kurzprism. n. d. c-Axe	{110}{101}{011}{012}
Freiberg I. Typ. (Arzruni)	—	—	—	{110}{011}{101}{012}{212}
Hohenstein (Arzruni)	auf Gängen	—	kurzprism. n. d. c-Axe	{110}{101}{011}{013}{014}{001}
Auerbach II. Typ. (Magel)	im körnigen Kalk	—	prismatisch n. d. c-Axe	{110}{012}{011}{021}{023}{101}
Ehrenfriedersdorf (Arz.)	Zinnergänge	Flussspath	kurzprism. n. d. c-Axe	{110}{101}{01m}

Winkel $m:m$ (110):(1$\bar{1}$0)	Winkel $q:q$ (011):(01$\bar{1}$)	Winkel $d:d$ (101):(10$\bar{1}$)	$a:b:c$	$\frac{a}{c}$	S	Fe	Spec. Gew.	Zwillinge
*63°58',6	(83°37')	*58°22',7	0,62459:1:1,1481	0,5586	—	—	—	—
*66 52	—	60 23,3	0,66051:1:1,13545	0,58185	—	—	—	—
66 13 — 68 48	81 51 — 82 55	57 14	—	—	20,03	34,92	6,0896	n. (110) und (101)
(67 25)	*80 7	*58 33	0,6671:1:1,19	0,56057	18,64	34,31	6,123	—
*67 26	(80 26)	*58 51	0,6673:1:1,18305	0,56405	19,36	36,43	6,33	—
*67 34	—	*58 27	0,66894:1:1,1959	0,5594	—	—	—	—
*67 37	*80 18	58 55	0,6697:1:1,1819	0,5666	21,06	34,18	5,89 b. 19°	n. (110) und (101)
*67 41	(79 57)	*58 57	0,6705:1:1,1863	0,5652	17,49	34,11	6,204 b. 25°	—
*67 43	(80 9)	58 53	0,67092:1:1,18869	0,5644	18,051	34,68	5,898	—
*67 44	(80 28)	(59 11)	0,67118:1:1,18209	0,56779	—	—	—	—
*67 45	*81 55	(60 27)	0,67125:1:1,1522	0,5826	20,72	39,93	—	—
67 46	—	—	—	—	—	—	—	—
67 46	*80 4,5	*58 51,2	0,6715:1:1,19019	0,5642	22,23	35,53	6,073	n. (110) und (101)
*67 50	*80 6	(58 57)	0,67239:1:1,1896	0,5652	18,22	34,72	6,11	Durchkreuzungszwill. n. (110)
*67 51	*79 59	—	0,6726:1:1,1921	0,5642	—	—	—	Drillinge n. (101)
*67 54	(80 11)	59 5	0,67324:1:1,18793	0,5667	—	—	—	—
*67 59	(80 10)	*59 9	0,6743:1:1,1882	0,5675	Hauer 21,36	32,52	—	—
*68 11	*79 55	59 7	0,67684:1:1,19257	0,5675	—	—	—	—
*68 13	(80 10)	*59 22	0,67726:1:1,18817	0,56998	19,41	35,07	6,192	—
*68 15	79 43	59 11	0,6783:1:1,1977	0,5663	20,099	35,372	6,082	—
68 17	*79 59	*59 15,5	0,67811:1:1,19207	0,5688	—	—	—	—

Fundort	Vorkommen	Begleitende Mineralien	Habitus	Beobachtete Formen
Freiberg, Gr. Himmelfahrt (Scherer)	in zersetztem Gneiss	—	kurzprism. n. d. *c*-Axe	{110} {013}
Klenócz, Ung. (Schmidt	Quarz	Kupferkies	verlängert nach d. *a*-Axe	{110} {012} {011}
Nyberg (Weibull)	Augitfels	Magnetit Pyrit	—	{110} {011}
Plinian (Breithaupt, Frenzel)	—	—	kurzprism. n. d. *c*-Axe	{110} {012} {101}
Macagão (Scherer)	im Quarzit	Magnetkies Pyrit, Kupferkies	verlängert nach d. *a*-Axe	{110} {101} {011} {012}
Nordmarken	—	—	—	{110} {101} {013}
Sprākla I. Typ. (Weibull)	in körnigem Kalk, Einlagerung im Granulit	Augit	prismatisch n. d. *c*-Axe	{110} {011} {013} {023}
Sala (Arzruni)	Serpentin körniger Kalk	—	prismatisch n. d. *c*-Axe	{110} {011} {012}
Modum (Scherer)	—	—	kurzprism. n. d. *c*-Axe	{110} {013}
Joachimsthal (Arzruni)	in sandig thoniger Gangausfüllung	—	tafelartig n. d. *c*-Axe	{110} {018} {0.1.16} {101} {013}
Auerbach I. Typ. (Magel)	in körnigem Kalk	—	langprism. n. d. *c*-Axe	{110} {101} {011}
Freiberg II (Arzruni)	aus zersetzt. Gneiss	Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies	kurzprism. n. d. *c*-Axe	{110} {013}
Wester-Silfberg II. Typ. (Weibull)	Einlagerung v. Kalkspath und Flussspath im Granulit	Magnetit Bleiglanz	kurzprism. n. d. *a*-Axe	{110} {011} {012}
Turtmannthal (Scherer)	im Chloritschiefer	Kobaltglanz	verlängert nach d. *a*-Axe	{110} {011} {012}
Sala, Schweden (Weibull)	Pikrophyll	—	prismatisch n. d. *c*-Axe	{110} {011} {012}
Munzig b. Meissen (Scher.)	als Gangmaterial	Psilomelan Pyrit	langprism. n. d. *c*-Axe	{110} {01*m*}
Freiberg (Weibull)	serpentinisirte Bergart	Pyrit	prismatisch n. d. *c*-Axe	{110} {012} {013}
Serbien (Schmidt)	auf derber Zinkblende	Zinkblende Pyrit	prismatisch n. d. *c*-Axe	{110} {0.1.24} {016} {001}
Binnenthal (Arzruni)	Dolomit	Pyrit	verlängert nach d. *a*-Axe	{110} {012} {011} {021}
Csiklova (Scherer)	Serpentin	—	kurzprism. n. d. *c*-Axe	{110} {013}
Bräunsdorf (Scherer)	Quarz	—	langprism. n. d. *c*-Axe	{110} {0.1.24}

Winkel $m:m$ (110):(1$\bar{1}$0)	Winkel $q:q$ (011):(01$\bar{1}$)	Winkel $d:d$ (101):(10$\bar{1}$)	$a:b:c$	$\frac{a}{c}$	S	Fe	Spec. Gew.	Zwillinge
*68° 18,5	(81° 2′)	(60° 13′)	0,67834:1:1,1702	0,57967	20,27	34,34	6,022	n. (101)
68 21	*80 33	(61 20)	0,70:1:1,18	0,5932	—	—	—	—
*68 22	*80 4	(59 24)	0,6792:1:1,1910	0,5703	19,00	34,23	—	—
*68 24	(79 45)	59 10	0,6796:1:1,19712	0,5677	20,08	34,46	6,30	—
*68 28	*80 20	59 44	0,68046:1:1,1847	0,5743	21,07	35,18	5,83	n. (110)
68 29	—	58 28	—	—	—	—	—	—
*68 29	*80 3	(59 30)	0,68077:1:1,1907	0,5717	—	—	—	—
68 29	80 4	59 32	0,68066:1:1,19017	0,5719	20,41	39,96	—	n. (110)
*68 30	(80 30)	(59 55)	0,68095:1:1,18143	0,5763	20,56	38,07	5,912	n. (101)
*68 36	(80 57)	60 22	0,68215:1:1,17183	0,5821	20,52	36,52	—	n. (101)
68 37	—	—	—	—	20,64	35,81	—	n. (101)
68 39	(82 13)	(61 34)	0,68279:1:1,14609	0,5822	20,83	35,03	6,035	n. (101)
*68 40	*79 59	(59 37)	0,68300:1:1,19228	0,5728	19,86	34,26	6,07	—
*68 41	*80 4	(59 43)	0,68326:1:1,1904	0,5739	20,53	38,41	—	Durchkreuzungszwill. n. (110) und (101)
*68 44	*79 33	59 18	0,68386:1:1,2013	0,5692	20,39	34,92	—	Zwill. n. (110), Drill. n. (101)
*68 47	(80 14)	(59 56)	0,68454:1:1,18669	0,5768	—	—	—	n. (110)
68 48—69 24	—	—	0,689	—	21,6	35,40	—	n. (110)
*68 55	(81 2)	(60 46)	0,686:1:1,170	0,5863	21,86	34,83	6,0594	n. (101)
*69 11	79 53	60 1	0,68964:1:1,19422	0,5775	22,47	34,92	6,091	Durchkreuzungszwill. n. (110)
*69 32	(77 14)	58 2	0,69424:1:1,2519	0,5545	20,19	34,69	6,16	—
*69 48	(80 18)	(60 55)	0,6976:1:1,18522	0,5886	—	—	—	—

XXI. Auszüge.

---

1. P. Hautefeuille und **A. Perrey** (in Paris): **Ueber die Krystallisation der Thonerde und einiger anderer Oxyde in Chlorwasserstoffsäure** (Ann. d. chim. et de phys. 1890 [6], **21**, 419). Während amorphe geglühte Thonerde (alumine cuite) beim Erhitzen im Salzsäuregasstrom nicht verändert wird, erhielten die Verf. Korundkrystalle beim Erhitzen einiger Aluminiumsalze in einer Atmosphäre desselben Gases. Bei Anwendung von Oxalat und Hydrocarbonat genügt dunkle Rothgluth; beim Sulfat ist eine etwas höhere Temperatur nöthig. Die mittelst des Hydrocarbonates erhaltenen Kryställchen zeigen rhomboëdrische, die aus dem Oxalat dagegen prismatische Ausbildung; die besten Resultate erzielt man, wenn man das Salzsäuregas unter einem Drucke von drei Atmosphären einwirken lässt. Wurde den Aluminiumsalzen etwas Chromsalz zugesetzt, so zeigten die entstandenen Korundkrystalle eine rubinrothe Farbe.

Beim Erhitzen gefällter Titansäure in Chlorwasserstoffgas unter einem Drucke von drei Atmosphären erhielten die Verf. bei Anwendung einer Temperatur von 700° bläulich gefärbte, deutliche Anataskrystalle, während bei heller Rothgluth bekanntlich Rutilkrystalle entstehen.

Zirkonerde liefert unter denselben Bedingungen bei 600° grosse doppeltbrechende Tafeln von rhombischer Form, die meist verzwillingt sind und dann ähnlich wie Gyps- oder auch wie Harmotomzwillinge aussehen. Wahrscheinlich ist das Zirkondioxyd dimorph.

Eisenoxydkrystalle wurden aus amorphem Eisenoxyd in einer Atmosphäre von Salzsäuregas und Wasserdampf beim Erhitzen zur dunklen Rothgluth erhalten.

Ref.: W. Muthmann.

2. N. v. Klobukow (in München): **Beiträge zur Kenntniss der auf nassem Wege entstehenden Modificationen des Cadmiumsulfides** (Journ. f. prakt. Chem. 1889 (2), **39**, 413). — Die schon von Buchner und Follenius beobachteten beiden Modificationen des Schwefelcadmiums haben folgende Eigenschaften:

Die α-Modification ist rein citronengelb, in der ganzen Masse krystallisirt; gut ausgebildete Krystalle (Tafeln), die selten beobachtet werden, gehören nach Haushofer wahrscheinlich dem hexagonalen Systeme an. Das spec. Gew. eines vollkommen homogenen Productes wurde zu 3,906—3,927 bestimmt.

Die β-Modification ist hochroth gefärbt. Die krystallographische Untersuchung Haushofer's führte zu keinem bestimmten Resultate; es wurden hexagonale, scheinbar reguläre und monosymmetrische Formen beobachtet; die letzteren Krystalle waren am besten ausgebildet. Spec. Gew. = 4,492—4,513.

Durch Erwärmen, Behandeln mit verschiedenen chemischen Reagentien, Reiben, Druck und durch Einwirkung des elektrischen Funkens lässt sich die α-Modification in die β-Modification überführen; eine Umwandlung im umgekehrten Sinne gelingt jedoch nicht.

Ref.: W. Muthmann.

3. B. Rathke (in Marburg): **Ueber krystallisirtes Ferromangan** (Liebig's Ann. d. Chemie **1890**, **260**, 326). — Verf. hat eine Anzahl Proben von krystallisirtem Ferromangan untersucht, die von der Gute-Hoffnungshütte in Oberhausen herstammten. Bei geringem Mangangehalte zeigten die Producte das blätterige Gefüge des Spiegeleisens; ein Gehalt von 24% *Mn* bedingt schon ein strahlsteinartiges Aussehen infolge prismatischer Ausbildung. In 41- und 57procentigen Blöcken wurden in Drusenräumen isolirte Krystalle, lange, platte, ein zartes Netzwerk bildende Nadeln, beobachtet; bei noch höherem Mangangehalt, 76 und 82½%, waren die Krystalle derber, etwa 1 mm dick, schön ausgebildet und zeigten das Aussehen hexagonaler Prismen.

Die Analyse von drei Proben isolirter Krystalle ergab folgendes Resultat:

	I.	II.	III.
C	7,47	7,45	6,48
Si	0,18	0,15	0,52
Fe	9,48	16,99	47,93
Mn	82,45	75,73	44,99
P	0,10	0,12	—
	99,68	100,44	99,92

Die Krystalle I. bilden hexagonale oder pseudohexagonale Prismen, deren Winkel nicht merklich von 60° abweichen; die mit 45% *Mn* dagegen eine rhombische Combination von Prisma und Brachypinakoid; $(110):(1\bar{1}0) = 43^{\circ}50'$, $(110):(010) = 68^{\circ}5'$, dies stimmt überein mit den Resultaten von Mallard*), der jedoch den Winkel (110):(010) für den Prismenwinkel hielt. Während Mallard die verschiedene Krystallform durch den verschiedenen Mangangehalt erklärte, glaubt der Verf. den Grund in dem verschiedenen Kohlenstoffgehalt suchen zu müssen; bei dem hexagonalen Producte ist das Verhältniss $(C + Si):(Mn + Fe) = 1 : 2\frac{2}{3}$, bei dem rhombischen dagegen 1 : 3.

Ref.: W. Muthmann.

4. J. L. Hoskyns-Abrahall (in München): **Ueber die Zusammensetzung des Apatits** (Inaugur.-Dissert. München 1889). — Der Verfasser hat sich mit der Frage beschäftigt, woher es kommt, dass in manchen Apatiten weniger Halogene enthalten sind, als der Formel $Ca_5(PO_4)_3(FCl)$ entspricht, und zur Lösung derselben eine Anzahl reiner, vollkommen klarer und durchsichtiger Apatitvorkommnisse analysirt. Er kommt zu dem Resultate, dass die Halogene durch Sauerstoff ersetzbar sind, dass also dem Apatit die allgemeine Formel $Ca_{10}(PO_4)_6(F_2, Cl_2, O)$ zukommt, eine Ansicht, zu der schon früher von A. Völcker auf Grund seiner, allerdings zum grössten Theile mit unreinem Material ausgeführten Analysen gekommen ist. Den Hauptwerth legte der Verf. auf Bestimmung des Wassers (Glühverlust) und des Fluors im Rückstande. Die Resultate seiner Analysen sind

*) Diese Zeitschr. 4, 97.

in folgender Tabelle zusammengestellt; I—IV beziehen sich auf die bekannten Zillerthaler Krystalle, V auf das Vorkommen von Jumilla in Spanien und VI auf das von Ehrenfriedersdorf in Sachsen.

	I.	II.	III.	IV.	Mittel	V.	VI.
Verlust bei 100°	—	—	0,08	0,09		0,04	0,11
Glühverlust	0,22	0,15	0,12	0,13		0,21	0,06
CaO	56,23	56,64	55,65	55,90	55,62	55,45	55,83
$(FeMn)O$	—	—	—	—	—	1,07	0,56
Na_2O	—	—	—	—	—	0,44	—
P_2O_5	42,71	43,13	42,91	42,45	42,86	41,12	42,07
F	1,82	0,62	1,54	1,86	1,54	1,98	2,27
Cl	—	—	—	—	—	0,24	—
	100,77	100,39	100,10	100,21	100,62	100,55	100,73
Sauerst. äqu. Fluor	0,76	0,26	0,65	0,78	0,65	0,89	0,95
	100,01	100,13	99,45	99,43	99,97	99,66	99,78

Für die Formel $Ca_5(PO_4)_3F$ berechnet sich ein Fluorgehalt von 3,79%, also bedeutend mehr, als in einem der analysirten Vorkommnisse gefunden wurde; wäre das Fluor durch die (OH)-Gruppe ersetzt, so hätte sich ein mittlerer Glühverlust von 0,94% ergeben müssen, während die Analysen im höchsten Falle 0,22% ergaben. Es bestätigt sich also die oben angeführte Völcker'sche Ansicht.

Ref.: W. Muthmann.

5. **T. E. Thorpe** und **A. E. Tutton** (in London): **Krystallform des Phosphortrioxydes** P_4O_6 (Journ. of the Chem. Soc. 1890, **55**, 545). — Die Verf. erhielten Phosphortrioxyd aus dem Schmelzflusse in kleinen monosymmetrischen Krystallen, Tafeln nach dem Orthopinakoid, die ausserdem die Symmetrieebene, mehrere Prismen, ein Hemidomenpaar und Pyramidenflächen zeigten. Die optische Axenebene ist die Symmetrieebene; auf dieser Fläche bildet die Auslöschungsrichtung einen Winkel von etwa 20° mit der Verticalaxe; durch (100) tritt eine Axe schief aus. Messungen waren wegen des niederen Schmelzpunktes der Substanz (22°,5) nicht möglich. Spec. Gew. = 2,135.

Die Verf. vermuthen morphotropische Beziehungen zwischen Phosphor-, Arsen- und Antimontrioxyd.

Ref.: W. Muthmann.

6. **H. von Foullon** (in Wien): **Ueber die Darstellung und die Krystallform einiger Calciumchromate** (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, Wien 1890, **40**, 421).

1. Basisches Calciumchromat, $Ca_2CrO_5 + 3H_2O$.

Die vom Verf. gemessenen Krystalle enthielten geringe Mengen Schwefelsäure.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,03113 : 1 : 0,65004; \quad \beta = 98^\circ 13'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{001\}0P$, $\{\bar{1}11\}+P$, $\{\bar{1}12\}+\frac{1}{2}P$. Nach der Verticalaxe verlängert. An den Enden herrscht manchmal (001), manchmal ($\bar{1}11$) vor. ($\bar{1}12$) wurde nicht immer beobachtet.

	Berechnet:	Gemessen:	Anzahl der Kanten:	Grenzwerthe:
$(100):(001) =$	—	*81° 47′	4	81° 40′ — 81° 55′
$(100):(110) =$	45° 35′	45 45	10	45 34 — 46 42
$(001):(110) =$	84 15,6	84 23	8	84 10 — 84 36
$(001):(\bar{1}11) =$	—	*44 35	7	44 15 — 44 56
$(\bar{1}00):(\bar{1}11) =$	67 33	67 32	4	67 18 — 67 39
$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}1) =$	51 9,4	51 2	11	50 30 — 51 40
$(\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1) =$	—	*60 31	8	60 10 — 60 55
$(001):(\bar{1}12) =$	23 30,8	24 9	4	23 24 — 24 20

2. Normales Calciumchromat, $CaCrO_4 + 2H_2O$.

Diese Substanz ist mit dem Gyps isomorph und enthielten die vom Verf. gemessenen Krystalle 1,33 % $CaSO_4 + 2H_2O$ in isomorpher Mischung. Der Habitus ist dem der Gypskrystalle sehr ähnlich und wurden häufig die auch für den Gyps charakteristischen Zwillinge nach $\{100\}$ mit vorherrschender Symmetrieebene beobachtet. In der Prismenzone herrscht grosser Flächenreichthum; beobachtete Formen: $\{010\}\infty R\infty$, $\{110\}\infty P$, $\{230\}\infty R\frac{3}{2}$, $\{310\}\infty P3$, $\{120\}\infty R2$ und $\{210\}\infty P2$; als Endflächen treten auf $\{111\}-P$, $\{131\}3R3$, $\{141\}-4R4$, und $\{101\}-P\infty$. Die Messungen waren wegen schlechter Flächenbeschaffenheit nicht genau genug, um ein Axenverhältniss daraus zu berechnen.

	Gemessen $CaCrO_4 + 2H_2O$:	Entsprechende Winkel am Gyps:
$(010):(110) =$	55° 35′	55° 45′
$(010):(\bar{2}10) =$	71 15	72 12
$(\bar{2}10):(\bar{1}20) =$	35 23	34 54
$(1\bar{1}0):(3\bar{1}0) =$	22 0	21 28
$(010):(230) =$	45 0	44 24
$(010):(111) =$	71 15	71 45
$(010):(141) =$	37 17 ca.	37 10

Wenn die Lösung des Calciumchromates schwefelsäurefrei ist, so scheint eine andere Modification des Salzes mit $2H_2O$ zu entstehen; es stimmt dies überein mit einer Beobachtung von Siewert, der ebenfalls Krystalle von $CaCrO_4 + 2H_2O$ erhielt, die mit Gyps nicht isomorph zu sein scheinen. Messbar waren die Krystalle dieser zweiten Modification leider nicht; sie sind licht orangegelb gefärbt, während die mit Gyps isomorphe Modification eine schwefelgelbe Farbe zeigt.

3. Normales Calciumchromat, $CaCrO_4 + H_2O$.

Krystalle des Chromates mit 1 Mol. Wasser bilden sich beim Verdunsten einer Lösung, wenn die Temperatur höher als 22°—25° ist.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,62960 : 1 : 0,64043.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{120\}\infty\breve{P}2$, $\{201\}2\bar{P}\infty$, $\{111\}P$, $\{112\}\frac{1}{2}P$, $\{121\}2\breve{P}2$, $\{331\}3P$. Kurzsäulenförmig; meist herrschen die beiden Pinakoide vor; als Endfläche tritt manchmal (111), manchmal (331) vorwiegend auf.

	Berechnet:	Gemessen:	Anzahl der Kanten:	Grenzwerthe:
(100):(201) =	26° 10′,7	25° 16′	10	26° 9′ — 26° 22′
(010):(120) =	38 27,3	38 59	7	38 39 — 39 25
(111):(1$\bar{1}$1) =	48 21,6	48 17	12	48 4 — 48 27
(111):($\bar{1}\bar{1}$1) =	—	*100 29	12	100 19 — 100 36
(111):($\bar{1}$11) =	—	*81 10	12	81 1 — 81 17
(111):(112) =	19 14	19 16	25	18 39 — 19 51
(112):(1$\bar{1}$2) =	31 51,8	31 49	8	31 38 — 31 46
(112):($\bar{1}$12) =	51 41,6	51 43	8	51 18 — 51 23
(010):(331) =	59 6,5	59 6	4	59 0 — 59 12
(010):(121) =	48 4,6	48 17	8	47 55 — 48 38
(121):($\bar{1}$21) =	64 5,4	64 14	4	64 9 — 64 43
(121):($\bar{1}\bar{2}$1) =	117 7,2	—	—	— —
(201):(112) =	39 42,2	39 35	10	39 2 — 40 7
(112):($\bar{1}$11) =	67 51,3	67 37	3	67 35 — 67 39
(201):(121) =	45 4	—	—	— —

Farbe: dunkel orangeroth. Die optische Axenebene ist (100), die erste Bisectrix die b-Axe.

Ref.: W. Muthmann.

7. K. von Haushofer (in München): **Krystallographische Untersuchung einiger organischer Substanzen.**

1. Strychninchlorhydrat, $C_{21}H_{22}N_2O_2.HCl + 1\frac{1}{2}H_2O$.

Dargestellt v. C. Stoehr (Journ. f. prakt. Chem. 1890 [2], **42**, 403). Kryst. aus Alkohol.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,4841 : 1 : 0,4659.$$

Beobachtete Formen: {110}∞P, {011}$\breve{P}\infty$, {010}$\infty\breve{P}\infty$. Prismatisch nach der Verticalaxe, {010} ist manchmal nur ganz schmal.

	Gemessen:	Berechnet:
(010):(110) =	*64° 10′	—
(010):(011) =	*65 1	—
(110):(011) =	79 29	79° 24′

Wasserklare, kleine Krystalle.

2. Platinsalz des α-Picolinchlorhydrat, $(C_6H_7.N.HCl)_2PtCl_4$.

Dargestellt von Demselben (ebenda, 422).

a) Wasserfrei. Schmelzpunkt 194°—195°.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,6636 : 1 : 0,9078;$$
$$\beta = 107° 14'.$$

Beobachtete Formen: {101}$-P\infty$, {$\bar{1}$01}$+P\infty$, {110}∞P, {010}$\infty P\infty$. Habitus wechselnd; entweder tafelförmig nach der Symmetrieebene, oder flach domatisch durch Vorherrschen der beiden Hemidomen; seltener tafelförmig nach

(101). An einem Krystalle wurde {221} beobachtet. Die Fläche {$\bar{1}$01} ist meist gewölbt.

	Gemessen:	Berechnet:
(101):(10$\bar{1}$) =	*71° 33′	—
(101):(110) =	*42 54	—
(110):(1$\bar{1}$0) =	*64 44	—
(110):(10$\bar{1}$) =	50 54	50° 54′

Lebhaft glänzende, tiefroth gefärbte, bis zu 1 cm grosse Krystalle.

b) Mit 1 Mol. Krystallwasser.

Die wasserhaltigen Krystalle konnten nur erhalten werden, wenn als Ausgangsproduct ein durch andere Basen, deren Platinsalze wahrscheinlich mit Krystallwasser krystallisiren, etwas verunreinigtes Material verwendet wurde.

Es existirt von dem Körper schon eine ungenaue Messung von Ditscheiner.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,9758 : 1 : 1,3270;$$
$$\beta = 103^{0}\ 13.$$

Beobachtete Formen: {110}∞P, {001}$0P$, {010}$\infty R\infty$, {100}$\infty P\infty$, {10$\bar{1}$}$P\infty$. Die drei letzteren Formen nur untergeordnet und nicht immer auftretend. Habitus: kurzprismatisch nach der c-Axe.

(110):(1$\bar{1}$0) = 88° 36′
(110):(001) = 80 35
(001):($\bar{1}$01) = 61 22

Sehr vollkommen spaltbar nach der Basis. Durch (001) tritt eine Axe nahezu senkrecht aus. Die Auslöschungsrichtungen auf den Prismen und der Symmetrieebene liegen, soweit man sehen kann, der Verticalaxe parallel.

3. Propylthioharnstoff, $C_3H_7NH.CS.NH_2$.

Dargestellt von O. Hecht (Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1890, **23**, 283). Krystalle aus Alkohol. Schmelzpunkt 110°.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,3642 : 1 : 1,1669; \quad \beta = 123^{0}\ 39'.$$

Beobachtete Formen: {001}$0P$, {110}∞P, selten und vereinzelt {111} $-P$. Tafeln nach der Basis.

(110):(001) = 68° 31′
(110):($\bar{1}$10) = 82 44
(111):(001) = 39 15

Wasserhell, glasglänzend. Die Ebene der optischen Axen ist die Symmetrieebene. Durch die Basis tritt, doch nicht mehr ganz im Gesichtsfelde des Polarisationsinstrumentes, eine optische Axe aus, die im spitzen Winkel β verläuft.

4. *ac*-Benzylidentetrahydro-β-naphtylamin, C_6H_5-CH=N-$C_{10}H_{11}$.

Dargestellt von Bamberger und Kitschelt, ebenda, 879. Krystalle aus Alkohol. Schmelzpunkt 51½°—52°.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

Die Krystalle bilden glasglänzende, farblose Tafeln oder Säulen, die nur von drei Flächenpaaren begrenzt waren, deren Kantenwinkel zu 96° 12′, 111° 30′ und 113° 57′ bestimmt wurden.

5. Dekahydrochinolinchlorhydrat, $C_9H_{17}N, HCl$.

Dargestellt von Bamberger und Lengfeld, ebenda, 1147.
Krystalle aus Alkohol oder Wasser. Schmelzpunkt 275½°—276°.

Krystallsystem: Rhombisch. $a : b : c = 0,76 : 1 : 1,45$.

Beobachtete Formen: $\{111\}P$, $\{001\}0P$, letztere Fläche herrscht vor.

$(111):(11\bar{1}) = 45°12'$
$(111):(1\bar{1}1) = 68\ 8$
$(111):(\bar{1}11) = 95$ ca.

Ref.: W. Muthmann.

8. R. Köchlin (in Wien): **Krystallographische Untersuchung einiger organischer Substanzen** (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1890, 99, IIB, 335 und 347). — Die Körper sind dargestellt von J. Herzig und S. Zeisel.

1. Sec.-t.Acetyltriäthylresorcin, $C_6H_2(C_2H_5)_3O(OC_2H_3O)$.

Krystalle aus Petroleumäther. Schmelzpunkt 63°—65°.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a : b : c = 0,7089 : 1 : 1,0243; \quad \beta = 65°16'24''$.

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{010\}\infty P\infty$, $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P$, $\{011\}P\infty$, $\{\bar{1}02\}+\frac{1}{2}P\infty$, $\{\bar{1}11\}+P$. Säulenförmig nach der c-Axe.

	Gemessen:	Berechnet:
$(100):(011) =$	*72° 10′	—
$(011):(001) =$	*42 56	—
$(011):(\bar{1}02) =$	*57 46	—
$(001):(\bar{1}02) =$	43 9	43° 14′ 20″

2. Sec.-t.Triäthylorcinmonacetat, $C_7H_4(C_2H_5)_3O(OC_2H_3O)$.

Krystalle aus Petroleumäther. Schmelzpunkt 71°—73°.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a : b : c = 0,6369 : 1 : ?; \quad \beta = 60°8'37''$.

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P$, $\{120\}\infty P2$. Habitus: kurzprismatisch nach der c-Axe.

$(110):(1\bar{1}0) = 57°50'$
$(110):(120) = 18\ 56$
$(110):(001) = 64\ 10$

Ref.: W. Muthmann.

9. V. v. Lang (in Wien): **Krystallform der Adipinsäure**, $C_6H_{10}O_4$. Dargestellt von H. Weidel (Ebenda, 1890, 99, IIB, 536). — Krystalle aus

Wasser. Schmelzpunkt 151⁰. — Die Substanz ist schon früher ungenau von Arppe gemessen worden (Liebig's Ann. d. Chem. **149**, 220).

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0{,}9830 : 1 : 0{,}6919; \quad \beta = 98^0 16'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{110\}\infty P$, $\{011\}P\infty$, $\{\bar{2}01\}+2P\infty$. Tafeln nach dem Orthopinakoid.

	Gemessen. v. Lang:	Arppe:
(100):(001) =	81⁰ 44′	82⁰
(110):(1̄10) =	110 52	114
(011):(01̄1) =	88 28	87

Ref.: W. Muthmann.

10. O. Jolles (in Wien): **Krystallform des Methoxychinolin-Oxychinolin-jodmethylat-Jodhydrates,** $C_9H_6NCH_3O.C_9H_7NOCH_3J.HJ + 2H_2O$. Dargestellt von Lippmann und Fleissner (Sitzungsber. k. Akad. Wien 1889, **98**, II B, 657). Krystalle aus Wasser. Zersetzt sich bei 143⁰.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 1{,}31863 : 1 : 0{,}57758.$$
$$\alpha = 119^0 6' 29'', \quad \beta = 98^0 53' 38'', \quad \gamma = 82^0 35' 30''.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty \breve{P}\infty$, $\{010\}\infty \bar{P}\infty$, $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P'$, und $\{0\bar{1}1\}'\bar{P}\infty$. Die Pinakoide, namentlich (010), herrschen vor.

	Gemessen:	Mittlerer Fehler:
(100):(110) =	51⁰27′ 0″	1′ 20″
(110):(010) =	42 7 10	0 33
(010):(001) =	83 54 50	1 30
(1̄00):(001) =	118 18 50	1 46
(100):(001) =	61 33 50	1 30
(110):(001) =	66 27 50	1 30
(001):(01̄1) =	28 8 30	21 5

Farbe weingelb; glasglänzend. Eine Schwingungsrichtung auf (010) ist nahezu parallel der Kante (010):(001).

Ref.: W. Muthmann.

11. J. Hockauf (in Wien): **Krystallographische Untersuchung einiger organischer Substanzen.**

1. α-Bromtetrāthylphloroglucin, $C_6HBr(C_2H_5)_4O_3$.

Dargestellt von Herzig und Zeisel (Sitzungsber. k. Akad. Wien 1889, **98**, II B, 562). Krystalle aus Petroleumäther. Schmelzpunkt 85⁰—88⁰.

Das Krystallsystem konnte nicht mit völliger Sicherheit festgestellt werden; es ist entweder tetragonal, rhombisch oder monosymmetrisch, jedenfalls ist eine grosse Annäherung an das tetragonale System vorhanden. Berechnet man die Krystalle rhombisch, so erhält man folgende Werthe:

$$a : b : c = 1{,}0029 : 1 : 1{,}3749.$$

Beobachtete Formen: {001}0P, {110}∞P, {101}$\bar{P}$∞, untergeordnet {111}P. Daneben beobachtete der Verf. vicinale Formen, für die er die Indices {29.29.1}, {95.95.10} und {100.100.106} berechnet.

Die Messung ergab Folgendes:

		Gemessen:	Berechnet:
(00$\bar{1}$):(1$\bar{1}$0)	=	90° 3′	90° 0′
(110):(1$\bar{1}$0)	=	90 10	90 10
(1$\bar{1}$0):($\bar{1}\bar{1}$0)	=	89 52	89 50
(101):(10$\bar{1}$)	=	72 14	72 14
(10$\bar{1}$):($\bar{1}$0$\bar{1}$)	=	107 51	107 46
(01$\bar{1}$):(10$\bar{1}$)	=	54 11	53 53
(110):(101)	=	54 54	55 13
(110):(10$\bar{1}$)	=	55 21	55 13
(1$\bar{1}$0):(101)	=	125 1	124 47
(110):(111)	=	26 10 ca.	27 15
(101):(111)	=	39 0 ca.	39 1
(00$\bar{1}$):(29.$\bar{29}$.1)	=	—	91 0
(00$\bar{1}$):(95.$\bar{95}$.10)	=	93 56 ca.	93 6
(29.$\bar{29}$.1):(95.$\bar{95}$.10)	=	2 6	2 6
(1$\bar{1}$0):(100.$\bar{100}$.106)	=	28 41	28 41
(110):(100.$\bar{100}$.106)	=	90 9	90 9
(101):(100.$\bar{100}$.106)	=	38 30	38 26
(10$\bar{1}$):(100.$\bar{100}$.106)	=	77 16	77 26
(101):(29.$\bar{29}$.1)	=	—	54 30
(10$\bar{1}$):(29.$\bar{29}$.1)	=	56 6	55 57
(101):(95.$\bar{95}$.10)	=	53 11	53 2
(10$\bar{1}$):(95.$\bar{95}$.10)	=	57 3	57 28

Undeutliche Spaltbarkeit nach (101).

Durch Spaltungsblättchen bemerkt man unter dem Mikroskope zahlreiche farbige Ringe und das Auftreten einer optischen Axe am Rande des Gesichtsfeldes.

Fasst man die Krystalle als tetragonale auf, so wären sie trapezoëdrisch-tetartoëdrisch; die prismatische Form ist dann als {100}∞P∞, die domatische als $\varkappa\tau\{111\} + \frac{mPn}{4}$ aufzufassen, wobei m und n nahezu 1 sind. Für die Richtigkeit dieser Auffassung würden gewisse regelmässig wiederkehrende Differenzen in den Winkeln des Prismas zum Doma sprechen; so wurde an einem Krystalle gefunden:

(110):(10$\bar{1}$) = 58° 31′
(1$\bar{1}$0):(10$\bar{1}$) = 54 44
(1$\bar{1}$0):(101) = 58 5
(110):(101) = 54 34

Das Axenverhältniss wäre dann $a : c = 1 : 0,9678$.

Circularpolarisation konnte indessen nicht constatirt werden; auch dürften die angeführten optischen Eigenschaften gegen die letztere Annahme sprechen.

2. Acetylderivat des α-Bromtetraäthylphloroglucin, $C_{14}H_{20}BrO_3.OC_2H_3$.

Dargest. von **Herzig** u. **Zeisel**, Sitzungsb. k. Akad. Wien 1889. **98**, IIB, 569 Kryst. a. Petroleumäther. Schmelzpunkt 66°—68°.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,70 : 1 : ?; \quad \beta = 93^0 19'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{110\}\infty P$, $\{001\}0P$, seltener $\{210\}$ $\infty P2$; hier und da undeutlich entwickelte, nicht messbare pyramidale Flächen.

$$(100):(110) = 54^0 31'$$
$$(100):(001) = 86 \ 41$$

Spaltbarkeit vollkommen nach (100), unvollkommen nach (001). Farblos, durchsichtig. Die optische Axenebene ist senkrecht zur Symmetrieebene, nahezu parallel zu (100); durch Spaltungsstücke nach der Basis tritt die spitze Bisectrix unter einem Winkel von etwa 5^0 aus. Axenwinkel in Luft ca. 50^0, Dispersion schwach, $\varrho > v$. Doppelbrechung schwach, positiv; die Schwingungsrichtung auf dem Prisma ist, soweit man sehen kann, der Längsrichtung parallel.

3. Monojodtetrāthylphloroglucināthyläther, $C_{14}H_2JO_2(OC_2H_5)$.

Dargestellt von Denselben, ebenda 574. Krystalle aus Petroleumäther. Schmelzpunkt 51^0—53^0.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,9140 : 1 : 0,81775.$$
$$\alpha = 85^0 29', \quad \beta = 115^0 30', \quad \gamma = 90^0 52'.$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{001\}0P$ (die beiden letzteren vorherrschend), $\{310\}\infty\bar{P}'3$, $\{\bar{3}10\}\infty'\bar{P}3$, $\{3\bar{1}\bar{3}\},\bar{P}3$ und klein und schlecht entwickelt $\{31\bar{3}\}\bar{P},3$. Habitus monosymmetrisch, meist tafelig nach (010).

	Gemessen:	Berechnet:
$(\bar{1}00):(001)$ =	—	$115^0 30'$
$(\bar{1}00):(010)$ =	—	88 47
$(010):(001)$ =	$*94^0 36'$	—
$(\bar{1}00):(\bar{3}10)$ =	—	15 19
$(\bar{1}00):(\bar{3}\bar{1}0)$ =	—	15 30
$(\bar{3}10):(\bar{3}\bar{1}0)$ =	*30 49	—
$(010):(\bar{3}10)$ =	*73 28	—
$(0\bar{1}0):(\bar{3}\bar{1}0)$ =	—	75 43
$(\bar{3}10):(\bar{3}13)$ =	*61 9	—
$(010):(\bar{3}13)$ =	79 25	79 39
$(001):(\bar{3}13)$ =	*54 35	—
$(\bar{3}\bar{1}0):(\bar{3}13)$ =	67 20	66 57

Farbe gelblich, durchscheinend. Die Auslöschungsrichtung auf (010) bildet einen Winkel von 47^0 mit der Kante (010):(001), 19^0 mit Kante (010):(310).

4. Trimethyläthylidenmilchsäure, $C_6H_{12}O_3$.

Dargestellt von C. Glücksmann, ebenda 673. Krystalle aus Wasser. Schmelzpunkt 87^0—88^0.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 1,45 : 1 : 1,10; \quad \beta = 80^0 \text{ ca.}$$

Beobachtete Formen: $\{100\}\infty P\infty$, $\{110\}\infty P$, und $\{011\}R\infty$. Die Flächen waren matt und gekrümmt, weshalb die Messungen nicht sehr genau sind.

(100):(110)	= 55° 25′	
(100):(011)	= 81 37	
(011):(0$\bar{1}$1)	= 84 38	
(110):(011)	= 52	ca.

Spaltbar nach (110). Farblos, durchsichtig, glasglänzend. Stark doppeltbrechend. Durch (110) tritt eine Axe in der Mitte des Gesichtsfeldes aus.

Ref.: W. Muthmann.

12. J. Gränzer (in Wien): **Krystallform des *o*-Nitrobenzylsulfids** $(C_6H_4CH_2NO_2)_2S$. Dargestellt von R. Jahrda (Sitzungsber. K. Akad. Wien 1889, **98**, II B, 832). Krystalle aus Benzol. Schmelzpunkt 124°.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0{,}53623 : 1 : 1{,}04866;\ \beta = 119^0 26'.$$

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P$, $\{111\}-P$, $\{\bar{3}37\}\frac{3}{7}P$ (?), $\{\bar{1}\bar{7}.17.1\}\frac{1}{17}P$(?). Die beiden zuletzt angeführten Pyramiden gaben schlechte Reflexe, weshalb die angeführten Indices nicht ganz sicher sind. Die Krystalle sind dünntafelig nach (001) ausgebildet; an manchen wurde nur Basis und Prisma beobachtet.

	Gemessen:	Grenzwerthe:	Berechnet:
(001):(111)	= *44° 59′	44° 47′ — 45° 9½′	—
(110):(111)	= *18 34½	18 12½ — 18 44	—
(110):(1$\bar{1}$0)	= 50 4	49 59 — 50 10½	—
(001):($\bar{3}$37)	= 56 1	54 57 — 57 49	55° 40
(001):($\bar{1}\bar{7}$.17.1)	= 7 0	5 46 — 8 50½	6 56
(111):(1$\bar{1}$1)	= 39 1	38 58 — 39 2½	40 56
(111):(010)	= 70 29½	70 24 — 70 34	69 32

Ziemlich vollkommene Spaltbarkeit nach (110). Die optische Axenebene ist zur Symmetrieebene senkrecht, die Doppelbrechung negativ, die horizontale Dispersion sehr stark, $\varrho < v$. Durch die Basis tritt die erste Bisectrix nach vorn geneigt (im stumpfen Winkel β) aus. Im Glase des Adam-Scheider'schen Apparates wurden für den Axenwinkel unter Anwendung rothen Glases 32° 5′, unter Anwendung blauen Glases 40° 21′ gefunden; die Neigung der ersten Bisectrix gegen die Basis ergab sich für Roth = 9° 40′, für Blau = 10° 10′.

Ref. W. Muthmann.

13. C. Rudelius (in Lund): **Krystallform des Ammoniumtrijodates** (Journ. f. prakt. Chem. 1889 [2], **40**, 336). — Verf. hat die Isomorphie des Ammoniumtrijodates $NH_4JO_3 . 2HJO_3$ mit dem von Rammelsberg gemessenen, asymmetrisch krystallisirenden, entsprechenden Kaliumsalze festgestellt.

	NH_4-Salz	*Ka*-Salz (Rammelsberg)
(110):(1$\bar{1}$0)	= 55° 3′	55° 30′
(1$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$0)	= 59 51	59 42
(110):(010)	= 65 0	64 41
(010):(001)	= 99 15	99 10
(110):(001)	= 71 49	72 20
(1$\bar{1}$0):(001)	= 63 37	64 37

Da die Krystalle schlechte Reflexe gaben, so können die angegebenen Werthe keinen Anspruch auf grössere Genauigkeit machen.

Ref.: W. Muthmann.

14. J. Kloos (in Braunschweig): **Krystallform der Methylchlorkrotonsäure** (= Chlortiglinsäure $C_5H_7ClO_2$). Dargestellt von Otto und Holst (Journ. f. prakt. Chem. 1890, [2] **41**, 477). Krystalle aus Wasser. Schmelzpunkt 73⁰.

Rhomboëder-ähnliche Krystalle, die dem asymmetrischen System angehören. Dieselben zeigen meist nur drei Formen $\{100\}$, $\{010\}$ und $\{001\}$, selten ein als Abstumpfung der Kante $(100):(00\bar{1})$ auftretendes Hemidoma. Es wurde gemessen:

$$(100):(010) = 104^0 - 105^0$$
$$(100):(001) = 114\tfrac{3}{4} \quad \text{ca.}$$
$$(010):(001) = 118 \quad \text{ca.}$$

Die Auslöschungsrichtung auf $\{010\}$ bildet einen Winkel von etwa 46^0 mit der Kante $(010):(100)$; durch (100) sieht man ganz am Rande des Gesichtsfeldes eine Axe austreten.

Ref.: W. Muthmann.

15. E. v. Fedorow (in St. Petersburg): **Krystallform des Dimethylacetylentetrabromides,** $C_4H_6Br_4$. Dargestellt von A. Faworsky (Journ. f. prakt. Chem. 1890 [2], **42**, 145). Krystalle aus Ligroin. Schmelzpunkt 230^0.

Die Substanz ist dimorph. Die stabile Modification A. krystallisirt bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, die labile B. bei -10^0. Die letztere wandelt sich beim Aufbewahren im Zimmer sehr bald um; noch schneller erfolgt die Umwandlung bei der Berührung mit einem Krystalle der stabilen Modification.

Modification A.

Krystallsystem: Tetragonal. $a:c = 1:1,28$.

Beobachtete Formen: $\{110\}\infty P$, $\{111\}P$. Meistens herrscht die Pyramide vor.

$$(110):(111) = 28^0\,50'.$$

Modification B. Krystallsystem: Rhombisch.

Beobachtete Formen: $\{110\}\infty P$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{011\}\breve{P}\infty$. Prismatisch nach der Verticalaxe. Es wurde gemessen:

$$(110):(\bar{1}10) = 56^0 - 56^0\,40'$$
$$(011):(01\bar{1}) = 59 \;-\; 60\;\;13$$

Ref.: W. Muthmann.

16. J. Morel (in Lyon): **Krystallographische Untersuchung einiger organischer Substanzen.**

1. Dichloranisol, $C_6H_3Cl_2OCH_3$.

Dargestellt von L. Hugounenq (Ann. de chim. et de phys. 1890 [6], **20**, 513). Schmelzpunkt $27^0 - 28^0$.

Krystallsystem: Rhombisch.

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P$, $\{101\}\bar{P}\infty$; seltener das Makro- und Brachypinakoid, sowie ein Brachydoma. Die Messung war wegen des

niedrigen Schmelzpunktes der Substanz schwierig und sind die Werthe nicht besonders genau.

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0)$ =	66° 30′	—
$(001):(101)$ =	38 35	—
$(101):(110)$ =	59 30	59° 21′

Farblos, durchsichtig.

2. Dichlordinitroanisol, $C_6HCl_2(NO_2)_2OCH_3$.

Dargestellt von Demselben (ebenda 520). Krystalle aus Alkoholäther. Schmelzpunkt 68°.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,6269 : 1 : 0,1457\text{*)}.$$

Beobachtete Formen: $\{110\}\infty P$, $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, $\{010\}\infty\breve{P}\infty$, $\{101\}\bar{P}\infty$. Prismatisch nach der c-Axe; das Makropinakoid tritt nur als schmale Abstumpfung auf.

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0)$ =	*64° 10′	—
$(101):(\bar{1}01)$ =	*26 10	—
$(110):(101)$ =	77 20	77° 15′

Farbe hellgelb.

3. Hexachlorphenol, C_6Cl_6O.

Dargestellt von Demselben (ebenda 561). Krystalle aus Chloroform. Schmelzpunkt 107°.

Krystallsystem: Tetragonal.

$$a : c = 1 : 0,2799.$$

Beobachtete Formen: $\{110\}\infty P$, $\{111\}P$. Prismatisch nach der Hauptaxe.

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(111)$ =	*68° 35′	—
$(111):(\bar{1}11)$ =	30 0	29° 56′

Grosse, fast farblose Prismen.

Ref.: W. Muthmann.

17. A. Keller (in Darmstadt): **Krystallform des Nitro-*m*-Kresols**, $C_6H_3\overset{1}{CH_3}\overset{3}{OH}\overset{4}{NO_2}$. Dargestellt von Städel und Kolb (Liebig's Ann. d. Chem. 1890, **259**, 223). Krystalle aus Aether. Schmelzpunkt 56°.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,6075 : 1 : ?; \quad \beta = 115° 21′.$$

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P$, $\{010\}\infty R\infty$. Tafelförmig nach der Basis. Die Messungen machen wegen schlechter Flächenbeschaffenheit keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit.

*) Anm. d. Ref.: Im Original steht irrthümlich 0,6969 : 1 : 0,1467.

(110):(001) = 68° 1′
(110):(1$\bar{1}$0) = 47 40

Unvollkommene Spaltbarkeit nach (010).

Ref.: W. Muthmann.

18. S. Jander (in Breslau): **Krystallographische Untersuchung einiger organischer Substanzen.**

1. Fencholoxim, $C_{10}H_{16}.NOH$.

Dargestellt von Wallach und Hartmann (Liebig's Ann. d. Chemie 1890, **259**, 326). Krystalle aus Essigäther. Schmelzpunkt 148°—149°. Der Körper ist stellungsisomer mit Campheroxim.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a:b:c = 1{,}3047:1:0{,}55259; \quad \beta = 76°20'$.

Beobachtete Formen: {100}∞P∞, {001}0P, {110}∞P, {011}P∞. Säulenförmig nach der Verticalaxe. Das Klinodoma wurde nur an wenigen Krystallen und dann immer links beobachtet.

	Gemessen:	Berechnet:
(100):(001) =	*76° 20′	—
(100):(110) =	*51 44	—
(001):(011) =	*28 14	—
(110):(001) =	81 35	81° 40½′
(100):(011) =	78 2	77 59
(110):(011) =	59 55	59 58½
(1$\bar{1}$0):(011) =	75 59	75 58

Unvollkommen spaltbar nach der Basis. Farblos, durchsichtig. Die optische Axenebene ist die Symmetrieebene. Durch (100) tritt eine gegen die Normale etwas nach hinten geneigte Axe aus.

2. $\gamma:\gamma$-Hexachlorketo-R-penten, $\begin{matrix} CCl-CCl_2 \\ \Vert \\ CCl-CCl_2 \end{matrix} > CO$.

Dargestellt von Th. Zincke und F. Küster (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1890, **23**, 2209). Krystalle aus Eisessig oder aus Alkohol. Schmelzpunkt 92°. Die Krystalle werden in Folge der grossen Flüchtigkeit der Substanz beim Liegen an der Luft bald trübe.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a:b:c = 0{,}60339:1:0{,}73795; \quad \beta = 64°43'$.

Beobachtete Formen: {001}0P, {010}∞R∞, {110}∞P, {$\bar{1}$11}+P. Habitus und Flächenausdehnung ist sehr wechselnd.

	Gemessen:	Berechnet:
(110):(001) =	*67° 59′	—
(110):($\bar{1}$10) =	*57 14	—
($\bar{1}$11):($\bar{1}\bar{1}$1) =	*57 58	—
(100):(001) =	—	64° 43′
($\bar{1}$11):(001) =	69 38	69 42
($\bar{1}$00):($\bar{1}$11) =	—	54 41½
($\bar{1}$10):($\bar{1}$11) =	42 15	42 19
(110):($\bar{1}$11) =	74 1	74 1

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Farblos, durchsichtig. Die optische Axenebene ist die Symmetrieebene. Die erste Bisectrix ist nahezu senkrecht zur Basis. $2H_a$ für *Na*-Licht = 111° 31′.

3. γ:γ-Pentachlormonobromketo-*R*-penten, $\begin{matrix} CBr-CCl_2 \\ \| \\ CCl-CCl_2 \end{matrix} > CO$.

Dargestellt von Denselben (ebenda 2210). Schmelzpunkt 102°. Spec. Gew. bei 15° = 2,159. Isomorph mit der oben beschriebenen Hexachlorverbindung.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0{,}60930 : 1 : 0{,}75765; \quad \beta = 64^\circ 57\tfrac{1}{2}'.$$

Beobachtete Formen: {001}0*P*, {010}∞*R*∞, {110}∞*P*, {1̄11}+*P*. Die Krystalle sind manchmal tafelförmig nach einer Prismenfläche ausgebildet.

	Gemessen:	Berechnet:
(110):(001) =	*68° 15′— 68° 23′	—
(110):(1̄10) =	*57 48 — 57 49	—
(1̄11):(1̄10) =	*41 29 — 41 30	—
(100):(001) =	—	64° 57½′
(1̄11):(001) =	70° 15′	70 15
(1̄11):(100) =	—	54 11
(1̄11):(110) =	73 52	74 0
(1̄11):(1̄1̄1) =	58 40	58 39

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Die optische Axenebene ist die Symmetrieebene. Durch (001) tritt eine optische Axe am Rande des Gesichtsfeldes vorn unten aus.

Ueber die Schmelzpunkte isomorpher Mischungen der beiden zuletzt beschriebenen Körper siehe F. Küster, diese Zeitschr. **21**, 188.

Ref.: W. Muthmann.

19. G. Linck (in Strassburg): **Krystallographische Untersuchung einiger organischer Verbindungen.**

1. Dibromlävulinsäure, $CH_3-CO-CBr_2-CH_2-COOH$.

Dargestellt von L. Wolff (Ber. deutsch. chem. Ges. 1890, **260**, 83). Krystalle aus Aether-Ligroin. Schmelzpunkt 114°—115°.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 4{,}9895 : 1 : 5{,}4680; \quad \beta = 91^\circ 45'.$$

Beobachtete Formen: {100}∞*P*∞, {001}0*P*, {1̄01}+*P*∞, {111}—*P*, {3̄11}3*P*∞. Prismatisch, zuweilen nadelförmig nach der Symmetrieaxe; die Flächen der Orthozone sind längs der *b*-Axe gestreift. {1̄01} trat an manchen Krystallen nur schmal oder gar nicht auf.

	Gemessen:	Berechnet:
(100):(001) =	*88° 15′	—
(111):(1̄1̄1̄) =	*30 49	—
(111):(001) =	*79 30	—
(1̄01):(001) =	47 33	47° 45½′
(3̄11):(31̄1̄) =	64 21	63 55
(3̄11):(1̄00) =	59 25	59 36
(111):(1̄01) =	88 28	88 49
(111̄):(311̄) =	42 4	41 51½

Sehr vollkommene Spaltbarkeit nach der Symmetrieebene und nach dem positiven Hemidoma ($\bar{1}01$). Farblos, durchsichtig. Die optische Axenebene ist die Symmetrieebene, die spitze Bisectrix steht fast genau senkrecht zu ($\bar{1}01$). Der Axenwinkel ist beinahe Null für rothes Licht, für blaues etwa gleich $2\frac{1}{2}$ Theilstr. des verticalen Polarisationsinstrumentes, also $\varrho < v$. Die geneigte Dispersion der Axen ist schwach, die Doppelbrechung positiv.

2. Inactive Glutaminsäure, $C_5H_9NO_4$.

Dargestellt von Demselben, ebenda 123. Krystalle aus heissem Wasser. Schmilzt unter Zersetzung bei 198°.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,7454 : 1 : 1,2367.$$

Beobachtete Formen: $\{001\}0P$, $\{110\}\infty P$, $\{101\}\bar{P}\infty$; letztere Fläche fehlt manchmal. Dünntafelförmig nach der Basis. Die Kryställchen sind vielfach dachziegelförmig übereinander gelagert, die Reflexe meist nicht gut.

	Gemessen:	Berechnet:
$(001):(011)$ =	*54° $2\frac{1}{2}'$	—
$(110):(1\bar{1}0)$ =	*73 24	—
$(001):(101)$ =	59 29	58° 55'
$(011):(110)$ =	61 53	62 19

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Die optische Axenebene ist das Makropinakoid, die spitze Bisectrix ist die b-Axe.

Die Krystallform der Substanz ist gänzlich verschieden von derjenigen der optisch-activen (rechtsdrehenden) Glutaminsäure, die von Oebbeke gemessen wurde (siehe diese Zeitschr. **10**, 265).

Ref.: W. Muthmann.

20. L. Milch (in Breslau): **Krystallform des α-Amidoäthylidenbernsteinsäureäthylesters,** $\begin{matrix} CH_3C & = & CCO_2C_2H_5 \\ | & & | \\ NH_2 & & CH_2CO_2C_2H_5 \end{matrix}$. Dargestellt von W. O. Emery (Liebig's Ann. d. Chem. 1890, **260**, 141). Krystalle aus Alkohol. Schmelzp. 62°.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,51504 : 1 : 0,60033.$$

Beobachtete Formen: $\{110\}\infty P$, $\{120\}\infty\breve{P}2$, $\{111\}P$, $\{122\}\breve{P}2$ und untergeordnet $\{001\}0P$. Die Flächen spiegelten so schlecht, dass nur Schimmermessungen möglich waren.

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0)$ =	*54° 30' appr.	—
$(120):(1\bar{2}0)$ =	92 4 -	91° 42'
$(110):(111)$ =	*37 20 -	—
$(110):(122)$ =	56 32	55 31
$(122):(1\bar{2}2)$ =	66 6	65 34

Vorzügliche Spaltbarkeit nach (100). Grosse, farblose, durchsichtige, stark lichtbrechende Krystalle. Die Ebene der optischen Axen ist (010), die erste Bisectrix die a-Axe. Dispersion sehr stark.

$2E$ für $Li = 80^\circ 55'$
$2E$ - $Na = 83\ 53$
$2E$ - $Tl = 89\ \ 2$

Ref.: W. Muthmann.

21. H. K. Günther (in Berlin): **Krystallographische Untersuchung einiger organischer Substanzen** (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1890, **23**, 1058).

1. *p*-Cyanbenzylphtalimid, $C_8H_4O_2 = N - \overset{1}{C}H_2.C_6H_4.\overset{4}{C}N$.

Krystalle aus heissem Eisessig. Schmelzpunkt 183°—184°.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,7212 : 1 : 0,5218.$$

$\alpha = 96^\circ 32'$	$A = 104^\circ\ 8'$
$\beta = 110\ 10$	$B = 111\ 45$
$\gamma = 102\ 18$	$C = 105\ \ 3$

Beobachtete Formen: {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {011}, {0$\bar{1}$1}. Meist Tafeln nach dem Brachypinakoid; von den Randflächen herrschen {1$\bar{1}$0} und {011} vor.

	Gemessen:	Berechnet:
(010):(110) =	*42° 54'	—
*)(0$\bar{1}$0):(1$\bar{1}$0) =	*60 10	—
(010):(011) =	*56 30	—
(0$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$1) =	*67 42	—
(011):(110) =	*52 28	—
(1$\bar{1}$0):(0$\bar{1}$1) =	60 22	61° 25'
(110):(0$\bar{1}$1) =	93 6	93 12
(1$\bar{1}$0):(011) =	90 10	90 15

Farbe gelb. Spaltbarkeit vollkommen nach (1$\bar{1}$0).

2. Chlorhydrat der Benzylamin-*p*-carbonsäure, $CO_2H.C_6H_4 - CH_2NH_2.HCl$.

Krystalle aus wässeriger Salzsäure.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,5742 : 1 : 0,9630.$$

Beobachtete Formen: {001}$0P$, {010}$\infty\breve{P}\infty$, {011}$\breve{P}\infty$, {110}∞P. Prismatischer Habitus; das Brachydoma tritt nur an einzelnen Krystallen auf.

	Gemessen:	Berechnet:
(110):(1$\bar{1}$0) =	*68° 30'	—
(011):(0$\bar{1}$1) =	*82 6	—
(010):(110) =	47 7	47° 5'

Die optische Axenebene ist die Basis. Spaltbarkeit vollkommen nach der Basis.

Anm. des Ref. Ich habe das obige Axenverhältniss und die Winkelwerthe wiedergegeben, wie sie im Original stehen, muss aber dazu bemerken, dass dieselben entweder durch Druckfehler gänzlich entstellt sind oder der Verf. das Axenverhältniss und den Controlwinkel falsch berechnet hat. Aus den Fundamental-

*) Im Original steht hier (100).

winkeln $(110):(1\bar{1}0) = 68^0 30'$ und $(011):(0\bar{1}1) = 82^0 6'$ berechnet sich $a : b : c = 0,68088 : 1 : 0,87082$, aber nicht das vom Verf. angegebene Verhältniss; der Winkel $(010):(110)$ berechnet sich aus obigen Zahlen zu $55^0 45'$, während der Verf. $47^0 7'$ als beobachtet, $47^0 5'$ als berechnet anführt. Ein Controlwinkel $47^0 5'$ kommt, soviel ich sehen kann, an den Krystallen überhaupt nicht vor, vorausgesetzt, dass die Fundamentalwinkel richtig angeführt sind.

Aehnliches liegt bei der zuerst angeführten Beschreibung des *p*-Cyanbenzylphtalimides vor. Aus den vom Verf. angeführten Werthen für *A*, *B* und *C* berechne ich:

$$\alpha = 112^0 18' 10'', \quad \beta = 117^0 36' 30'', \quad \gamma = 112^0 52' 40'',$$

während im Original steht

$$\alpha = 96^0 32', \quad \beta = 110^0 10', \quad \gamma = 102^0 18'.$$

Es müssen also dem Verf. beim Berechnen seiner Messungen wohl Fehler untergelaufen sein. Ref.: W. Muthmann.

22. E. Hussak (in São Paulo, Brasilien): **Beiträge zur Mineralogie und Petrographie Brasiliens** (Boletim da Commissao Geogr. e Geolog. do estado de S. Paulo 1890, No. 7, 244).

a) Notizen über Zeolithe aus dem Augit-Porphyrit vom S. Paulo und Santa Catharina. Im Augit-Porphyrit der Serra de Botucatú finden sich mandelförmige Höhlungen, die mit folgenden Mineralien ausgekleidet sind: Zunächst hat sich, wahrscheinlich als Zersetzungsproduct des in dem Eruptivgestein enthaltenen Pyroxens, ein grünes, amorphes Chloritmineral gebildet; darin finde sich in Form kleiner Lamellen gediegen Kupfer, häufig auch erdiger Malachit, der von reichlichen Mengen gediegenen Kupfers durchsetzt ist. Dann folgen nach dem Inneren der Höhlungen zu Krusten eines gelbgefärbten Chalcedons, auf denen verschiedene Zeolithe, sowie Calcitkrystalle sich gebildet haben. Die letzteren sind skalenoëdrisch ausgebildet und zeigen oft nur die Form $\{21\bar{3}1\}$ mit schön glänzenden Flächen; häufig wurden jedoch auch flächenreiche Combinationen von $\{10\bar{1}0\}$, $\{21\bar{3}1\}$, $\{40\bar{4}1\}$, $\{02\bar{2}1\}$ und $\{0001\}$ beobachtet. Nicht selten sind die Flächen mit natürlichen Aetzfiguren bedeckt; auf der Basis ist zuweilen ein kleiner skalenoëdrischer Krystall aufgewachsen; häufig enthalten die Krystalle sternförmig gruppirte Einschlüsse von Zeolithen.

Der Heulandit bildet schöne, bis 2—3 cm grosse Krystalle, die entweder durch Eisenoxyd roth gefärbt oder gelblich bis farblos sind. Sie zeigen die gewöhnlichen einfachen Formen $\{100\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{001\}$, $\{\bar{2}21\}$, $\{010\}$; die beiden ersteren herrschen vor; die Krystalle sind nach der b-Axe gestreckt. Mit dem Anlegegoniometer wurde gemessen: $(\bar{1}01):(001) = 63^0 30'$, $(\bar{1}01):(100) = 50^0 30'$, $(\bar{2}21):(010) = 68^0$. Die von L. Gonzaga de Campos ausgeführte Analyse ergab Folgendes (zum Vergleiche sind die von Rammelsberg an isländischem Heulandit gefundenen Zahlen beigefügt.

	Botucatú:	Island:
SiO_2	58,10	59,63
Al_2O_3	16,67	15,14
CaO	5,90	6,24
K_2O	3.26	2,35
Na_2O	0,61	0,46
H_2O	16,16	15,48
	100,70	99,30

Bezüglich der Spaltbarkeit (nach (010)) und des Glanzes stimmen die Krystalle vollkommen mit dem bekannten isländischen Vorkommen überein, ebenso bezüglich der optischen Eigenschaften; der Verf. beobachtete Folgendes: die auf (010) senkrechte Ebene der optischen Axen bildet mit der Basis einen Winkel von 19° 35'; die erste Bisectrix ist die *b*-Axe; Doppelbrechung schwach; durch Spaltblättchen nach {010} ist die gekreuzte Dispersion deutlich wahrzunehmen; oft beobachtet man Zwillingsstreifung parallel (001).

Mesolith von der Serra de Botucatú. Derselbe findet sich zusammen mit den oben beschriebenen Heulanditkrystallen in Form von radialfaserigen Aggregaten, die in ihrem Aussehen an Natrolith erinnern und in frischem Zustande farblos sind; wenn sie etwas zersetzt sind, zeigen sie eine bräunliche Färbung. Einzelne Krystalle bilden dünne, sehr zerbrechliche Nädelchen nach dem Prisma; Endfläche ist die Basis oder zuweilen eine undeutlich ausgebildete Pyramide. Spaltbarkeit nach dem Prisma und sehr vollkommen nach der Basis. Bei der optischen Untersuchung von Spaltblättchen nach (001) zeigte es sich, dass die Krystalle fast immer Durchkreuzungszwillinge nach (100) sind; die Auslöschungsrichtung auf der Basis bildet einen Winkel von 31°—35° mit der Kante (100):(001); diejenige auf den Prismenflächen einen Winkel von 5°—8° mit der Längsrichtung, die erste Bisectrix (+) fällt, soweit constatirt werden konnte, mit der Verticalaxe zusammen. Wahrscheinlich ist dies Mineral asymmetrisch und entspricht dem von Des Cloizeaux beschriebenen asymmetrischen Mesolith. Von Salzsäure wird die Substanz leicht und vollständig unter Abscheidung von gelatinöser Kieselsäure zersetzt. Die Analyse ergab befriedigende Uebereinstimmung in der Zusammensetzung mit dem von Hillebrand analysirten Mesolith von Table Mountain, Co.

	Botucatú:	Colorado:
SiO_2	47,61	46,17
Al_2O_3	26,80	26,88
CaO	7,08	8,77
Na_2O	7,80	6,19
H_2O	12,11	12,16
	101,40	100,17

Desmin von der Serra de Brotas. Derselbe kommt im Nordosten von Botucatú in Höhlungen eines Eruptivgesteines vor, welches dem Augit-Porphyrit der Serra de Botucatú sehr ähnlich ist. Die Krystalle bilden radialförmig gruppirte Aggregate, sind meist von Eisenoxyd rothbraun gefärbt und erreichen eine Dicke von 1—2 cm. Sie sind tafelförmig nach (010) und nach dieser Fläche miteinander verwachsen; ausserdem zeigen sie die Formen {100} und {001}. Nach (010) vollkommene Spaltbarkeit: Spaltblättchen zeigen schönen Perlmutterglanz; im polarisirten Lichte zeigen sich zwei Systeme feiner Streifen; das eine parallel (001) und ein anderes System fast genau senkrecht dazu. Auch durch Schliffe parallel (001) zeigt sich ein System von Streifen parallel der Kante (010):(001). Spec. Gew. 2,24. Die von L. Gonzaga de Campos ausgeführte Analyse ergab Folgendes (zum Vergleich ist eine von Rammelsberg ausgeführte Analyse von einem Desmin von den Färöer beigefügt).

	Brotas:	Färöer:
SiO_2	60,82	56,88
Al_2O_3	16,67	16,70
CaO	4,25	7,72
Na_2O	1,73	1,39
H_2O	18,12	17,24

Skolezit von der Serra de Tubarão im Staate Santa Catharina. Im Augit-Porphyrit des genannten Gebirgszuges finden sich neben Heulanditkrystallen, die den oben beschriebenen gleichen, compacte, etwa 10 cm dicke Aggregate von radialfaserig ausgebildetem Skolezit. Einzelne Krystalle konnten nicht herauspräparirt werden; eine mikroskopische Untersuchung zeigte, dass in den Eigenschaften grosse Aehnlichkeit mit dem oben beschriebenen Mesolith vorhanden ist. Auch der Skolezit bildet häufig Durchkreuzungszwillinge nach (100), was sich durch Schliffe parallel (001) wahrnehmen lässt. Die Auslöschungsschiefe auf der Basis wurde an einem Schliff zu 8° und 13°, an einem anderen zu 13° und 15° bestimmt. Die Analyse ergab:

SiO_2	45,96
Al_2O_3	26,03
CaO	13,53
H_2O	13,67
	99,19

welches Resultat gut mit den Zahlen stimmt, die Rammelsberg für einen Skolezit von Island fand.

b) Ueber einen goldhaltigen Sand aus dem Valle da Ribeira. Dies vom Verf. eingehend untersuchte Product findet sich einige Kilometer von der Mündung des kleinen Flusses Pedro Cubas, der linkseitig bei Xiririca in den Ribeira mündet. Die Goldmenge in demselben ist nicht gross genug, als dass sich eine Verarbeitung lohnte. Neben Bruchstücken eines Thonschiefers (Phyllit) und Quarz als Hauptbestandtheilen fand der Verf. folgende Mineralien: Biotit, Muscovit, Andalusit, Chiastolith, Turmalin, Korund, Anatas, Staurolith, Rutil, Zirkon, Magnetit, titanhaltigen Magnetit, Ilmenit, Titanit, Gold und — merkwürdiger Weise — metallisches Eisen; ausserdem ein nicht genau bestimmtes Mineral, das dem Aeschynit ähnelt; dasselbe zeigt eine prismatische Form mit einem Winkel von ca. 125°, Spaltbarkeit nach der Basis, Härte 5—6; undurchsichtig, halbmetallischer Glanz.

c) Pseudomorphosen nach Leucit im Phonolith (Tinguaït) der Serra de Tinguá. In einem Nephelin-Syenit beobachtete der Verf. (wie vor ihm schon O. A. Derby) nuss- bis kopfgrosse Pseudomorphosen nach Leucit, die noch vollkommen die Form dieses Minerals {211} zeigen und welche aus einem Gemenge von Orthoklas und Nephelin bestehen. Dieselben sind innig mit dem sie umgebenden Gestein verwachsen, manchmal ragen Sanidin, Pyroxen- und Titanitkrystalle des letzteren in die Pseudomorphosen hinein.

d) Notiz über das Vorkommen von Korund im Staate São Paulo. In der Serra de Itaqui, im Nordwesten von São João, finden sich in einem Glimmerschiefer linsenförmige Einlagerungen von hellblauem Korundfels, welcher 71 % Korund, daneben einen braunen, zweiaxigen Glimmer, Rutilnadeln und Turmalin, aber keinen Quarz und Feldspath enthält. Derselbe ähnelt dem nordamerikanischen Korundfels.

An derselben Localität kommen stark zersetzte Andalusitkrystalle vor, die oft von Glimmer ganz durchsetzt sind. Manchmal ist auch der Andalusit vollkommen in Glimmer umgewandelt; die Analyse einer solchen Pseudomorphose ergab: SiO_2 46,49, Al_2O_3 (mit wenig Fe_2O_3) 36,32, CaO 2,15, MgO Spuren K_2O 7,80, Na_2O 1,30, H_2O 4,79, Summe 99,15.

Es liegt also ein Kaliglimmer vor. Ausser dem erwähnten Vorkommen existiren in Brasilien noch folgende Korundfundstätten:

1) Camassari, Bahia;

2) Datas bei Diamantina im Staate Minas Geraës;

3) Rio Sapucahy im Norden des Staates São Paulo, sowie in den Flüsschen das Canôas, Sta. Barbara und deren Zuflüssen;

4) im Granit von Xiririca im Thale da Ribeira, Staat São Paulo.

Ref. W. Muthmann.

23. E. Abbe (in Jena): **Ueber die Verwendung des Fluorits für optische Zwecke** (Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1890, **10**, 1). Der niedrige Brechungsexponent des Fluorites gewährt, wenn daraus angefertigte Linsen mit solchen aus Glas combinirt werden, behufs Aufhebung der sphärischen Aberration, einen freieren Spielraum in der Wahl der Glassorte. Dieser Vortheil für die Construction von Mikroskopobjectiven grosser Apertur wird unterstützt durch die abnorm niedrige Dispersion des Minerals und deren günstiges Verhältniss in den verschiedenen Theilen des Spectrums, wodurch geringere Krümmung erfordert, resp. die secundäre Farbenabweichung aufgehoben wird. Durch Combination mit einem Kalksilicat-Kronglas kann man sogar eine zweifache achromatische Linse von fast absoluter Farbenvereinigung herstellen, bei welcher nicht einmal ein tertiäres Spectrum von merklichem Betrage übrig bleibt. Unter Benutzung dieser Eigenschaften hat der Verf. Mikroskopobjective mit einzelnen Linsen aus Fluorit construirt und seit der Einführung der »Apochromate« der Firma Zeiss ist das Mineral in Combination mit den neuen Jenaer Glassorten in regelmässiger Verwendung. Dieser stellen sich nun allerdings Schwierigkeiten in der Beschaffung geeigneten Materials an Fluorit entgegen, indem die genügend durchsichtigen Krystalle meist stark doppeltbrechend sind. Nur die grossen wasserhellen Spaltungsstücke, welche mit verschiedenen Fundortsangaben aus dem Berner Oberlande früher häufig im Handel waren, erwiesen sich als günstiges Material. Dieselben stammen, wie durch Untersuchung an Ort und Stelle nachgewiesen wurde, sämmtlich aus einer 1832 von Brienzwyler Sammlern vollständig ausgebeuteten Höhle oberhalb der Oltschi-Alp, am südwestlichen Abhange des Oltschihornes, des Ausläufers des Schwarzhornstockes nach dem Brienzer See hin. Obgleich während zweier Sommer fortgesetzte Schürfarbeiten*) vielfach noch Flussspath an dem genannten, dem oberen Jura angehörigen Bergstocke ergeben haben, so lieferte doch keine Stelle desselben so reines Material, dass es in grösserem Massstabe eine optische Verwendung gestattet hätte.

Ref.: P. Groth.

24. O. Lehmann (in Karlsruhe): **Einige Verbesserungen des Krystallisationsmikroskops** (Ebenda 202). An Stelle des polarisirenden Nicols benutzt der Verf. jetzt einen Glassatz, welcher so angebracht wird, dass eine Drehung

*) Die in den letzten Jahren mehrfach in den Handel gelangten, grossen, grunen Flussspathhexaëder, welche in so ausgezeichneter Weise Aetzerscheinungen der verschiedensten Art darbieten und für welche, aus gewissen Gründen, die verschiedensten Fundorte, wie Guttannen, Haslithal, Grimsel etc. angegeben wurden, stammen, nach gefälliger Mittheilung des Herrn Dr. Engelmann in Basel, alle von diesen Schürfen an der Oltschi-(auch Oltschen) Alp. Der Ref.

des Beleuchtungsspiegels genügt, um das directe Licht der Lampe zu reflectiren und damit gewöhnliches statt des polarisirten Lichtes zu erhalten. Statt des Gebläses für die Erwärmungsvorrichtung dient für gewöhnlich ein am Ende sehr dünner Brenner, welcher ohne Luftzufuhr eine kleine blaue Flamme liefert, für stärkere Erhitzung der von Voigt und Hochgesang construirte ringförmige Brenner. Die Theilung des Objecttisches ist bei den neueren Apparaten in diesem selbst verborgen und nur durch ein Fenster sichtbar. Die frühere Einrichtung für sehr starke Erhitzungen wird verbessert durch einen starken Asbestschirm, in welchem die Gebläseflamme aufsteigt, und durch eine andere Form des das Objectiv schützenden Wasserschirmes.

Zur Demonstration der Krystallisationserscheinungen construirte der Verf. bereits früher ein Projectionsmikroskop, welches ebenfalls inzwischen mannigfache Verbesserungen erfahren hat.

Ref.: P. Groth.

25. N. Baumhauer (in Lüdinghausen): **Ueber die Abhängigkeit der Aetzfiguren des Apatit von der Natur und Concentration des Aetzmittels.** 2. Mittheilung (Sitzungsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. 1890, 447). — Den vom Verf. (s. diese Zeitschr. **18**, 31) nachgewiesenen Winkeldifferenzen der Apatite vom St. Gotthard, Floitenthal, Schwarzenstein, Knappenwand und Rothenkopf (Abnahme der Axenlänge c mit steigendem Chlorgehalte) correspondirt auch ein verschiedenes Verhalten dieser Krystalle beim Aetzen mit Schwefelsäure von verschiedener Concentration. Wie bei Anwendung von Salzsäure (s. diese Zeitschr. **15**, 441) treten auch hier auf der Basis dunkle und lichte sechsseitige Vertiefungen auf, welche zuweilen allerdings schwer zu unterscheiden sind, weil sie in der Lage viel weniger von einander abweichen.

Die Krystalle vom Schwarzenstein, St. Gotthard, Floitenthal und der Knappenwand verhalten sich folgendermassen: Schwefelsäure vom spec. Gew. 1,836 bringt in den Aetzfiguren eine positive Tritopyramide hervor, bei Verdünnung der Säure dreht sich diese, passirt die Lage einer Protopyramide und geht dann in eine negative Tritopyramide über; bei etwa 10 proc. Säure dagegen beginnt eine Rückwärtsdrehung und Annäherung an eine Protopyramide. In der Nähe der letzteren sind die Aetzfiguren sehr unvollkommen. Der Winkel ε ihrer Seiten gegen die der Basis wurde gemessen:

	Säure:	Dunklere Eindrücke:	Hellere Eindrücke:
Schwarzenstein	100 %	$\varepsilon = +12^\circ 32'$ bis $+14^\circ\ 0'$	$\varepsilon = +11^\circ\ 6'$ bis $12^\circ 47'$
-	60 -	$\varepsilon = +7\ 15$	bis $+10\ 47$
-	50 -	$\varepsilon = +1\ \ 5$	- $+5\ 44$
-	$33\frac{1}{3}$ %	$\varepsilon = -5\ \ 9$	- $-7\ 49$
-	20 -	$\varepsilon = -17^\circ 58'$ bis $20^\circ\ 7'$	$\varepsilon = -18^\circ 26'$ bis $20^\circ 51'$
-	10 -	$\varepsilon = -14\ 29$ - $17\ 13$	$\varepsilon = -16\ 23$ - $17\ 18$
-	1 -	$\varepsilon = -10\ 41$ - $12\ 18$	$-12\ 14$ - $14\ 12$
-	0,1 -	$\varepsilon = -10\ 53$ - $12\ 32$	$-6\ 50$ - $8\ 20$
Knappenwand	100 %	$\varepsilon = +9^\circ 48'$ bis $11^\circ 11'$	$\varepsilon = +8^\circ\ 0'$ bis $9^\circ 51'$
-	80 -	$+10\ 34$ - $11\ 22$	$12\ \ 0$ - $12\ \ 1$
-	60 -	$\varepsilon = +9\ 39$	bis $11\ 28$
-	42 -	$+5\ 19$	- $7\ 15$
-	25 -	$-4\ 47$	- $15\ 23$
-	20 -	$-14\ 15$ bis $17\ 51$	$\varepsilon = -14\ \ 5$ - $14\ 44$

	Säure:	Dunklere Eindrücke:	Hellere Eindrücke:
Knappenwand	10 %	— 14° 16′ bis 15° 16′	— 9° 59′ bis 14° 25′
-	5 -	— 12 23 - 14 10	— 9 57 - 13 17
-	1 -	— 11 8 - 13 53	— 9 32 - 10 26
-	0,1 %	— 8 33 - 11 43	— 9 8 - 11 15

Ganz abweichend verhielten sich die in einem chloritischen Gestein eingewachsenen Krystalle vom Rothenkopf: die unverdünnte Säure erzeugte nach 4 Min. kleine dunkle Eindrücke fast genau von der Lage einer Protopyramide ($\varepsilon = -0^0 4'$ bis $+ 0^0 58'$), nach 6 Min. solche, deren ε von $0^0 16'$ bis $5^0 21'$ schwankte, nach 8 Min. hellere und dunklere von entgegengesetzter Stellung (ε im Mittel $2—2\frac{1}{2}^0$). Mit 80-, 60-, 40- und 20-proc. Säure konnten keine deutlichen Aetzfiguren erhalten werden. Erst 10-proc. Säure lieferte wieder deutliche und helle Eindrücke, welche ergaben:

$\varepsilon = -15^0 13'$ bis $15^0 54'$ $\quad$ $\varepsilon = -10^0 56'$ bis $13^0\ 9'$

5 % gab: $\varepsilon = -15\ \ 4$ - $17\ 31$ $\quad$ $\varepsilon = -12\ 35$ - $17\ 44$

Bei 1 % Säure nehmen diese Werthe noch etwas mehr zu, und erreichen bei 0,1 % die dunklen Eindrücke fast die Lage einer Deuteropyramide ($\varepsilon = -24^0 46'$ bis $26^0 2'$), während ε bei den lichten nur $- 6^0 40'$ bis $7^0 39'$ gefunden wurde; nach längerer Dauer ($1\frac{1}{4}$ Stunde) entsprechen die ersteren zum Theil genau einer Pyramide zweiter Ordnung, die lichten sehr nahe einer Protopyramide. Häufig liegt ein dunkler Eindruck in einem lichten.

Ref.: P. Groth.

26. F. Rinne (in Berlin): **Ueber die Veränderungen, welche die Zeolithe durch Erwärmen bei und nach dem Trübewerden erfahren** (Sitzungsb. d. k. pr. Akad. d. Wiss. 1890, 1163). — Der Verf. untersuchte eine Reihe von Zeolithen in der Weise, dass er Platten oder ganze Krystalle bis zum Trübewerden erhitzte, dann durch Eintauchen in Oel durchsichtig machte und nun im polarisirten Lichte beobachtete. Er nennt die im Folgenden beschriebenen Entwässerungsproducte »Metazeolithe«.

Natrolith vom Puy de Marman. Platten senkrecht zur Verticalaxe (1. Mittell.) zeigen Feldertheilung mit symmetrisch entgegengesetzt gedrehter optischer Axenebene; der entstandene Metanatrolith, dessen Aussenform unverändert geblieben ist, besteht daher aus monosymmetrischen Zwillingen, deren Orthodiagonale die frühere Verticalaxe. Präparate, in Canadabalsam eingeschlossen, bleiben unverändert, während die der feuchten Luft ausgesetzten wieder rhombisch werden.

Skolezit von Berufjord, Zwillinge nach (100), verwandeln sich beim Trübewerden in Zwillinge des gleichen Gesetzes, deren Zwillings- und Symmetrieebene gegen die entsprechenden Ebenen des unveränderten Krystalls um die Prismenkante um 90° gedreht ist, so dass nun das frühere (100) die Zwillingsgrenze zeigt; Ebene und 1. Mittellinie der optischen Axen senkrecht zu dieser Fläche (jetzt Symmetrieebene), erstere zu Axe c 70° geneigt. Bei noch stärkerer Erhitzung werden die Zwillingsgrenzen undeutlich, verschwinden und die Krystalle verwandeln sich in sehr schwach doppeltbrechende rhombische, deren optische Axenebene senkrecht zur Längsrichtung der Prismen. Dieser Zustand bleibt auch an feuchter Luft bestehen.

Thomsonit vom Seeberg bei Kaaden zeigt zwar eine Abnahme der Doppelbrechung, aber sonst keine wesentliche Aenderung in den optischen Eigen-

schaften; nur einzelne Stellen einer stark erhitzten Platte zeigten die Axen senkrecht zu (001) statt parallel.

Desmin von Nalsö. Die anscheinend rhombischen Durchkreuzungszwillinge nach (001) verwandeln sich in einfache rhombische Krystalle, deren optische Axenebene parallel (001) des Desmins und deren 1. (+) Mittellinie in dessen Axe a fällt. Rückumwandlung in feuchter Luft.

Phillipsit von Nidda zeigt, unter Erhaltung der Zwillingsbildung, eine Drehung der Axenebene nach (001) hin und eine Vergrösserung des Axenwinkels, bei stärkerem Erhitzen eine beträchtliche Verringerung der Doppelbrechung und sehr kleinen Axenwinkel in einer Ebene, nahe $\perp$ (001) und $\parallel$ (010).

Harmotom von St. Andreasberg bewahrt ebenfalls seine Zwillingsbildung, aber die Doppelbrechung steigt und die Axenebene dreht sich um ca. 50° nach der Ebene (001) zu. Die geänderten Zustände der letzteren Mineralien erhalten sich nur bei Abschluss feuchter Luft.

Epistilbitplatten nach (010) lassen die Zwillingsgrenzen nach (100) vollkommen verschwinden und werden rhombisch mit zur Platte senkrechter Mittellinie, welche Axe grösster Elasticität wird, während die Axen in der früheren Ebene (100) liegen. Rückumwandlung an der Luft.

Heulandit von St. Andreasberg zeigt auf (010) Feldertheilung mit etwas abweichenden Schwingungsrichtungen (s. diese Zeitschr. 15, 631). Kocht man eine Platte in Oel, so tritt die vom Verf. bereits l. c. beschriebene erste Umwandlung in einen einheitlich rhombischen Zustand ein: die erste Mittellinie $\mathfrak{a}$ wird senkrecht zu (001), die optische Axenebene $\parallel$ (010), d. h. die optische Orientirung entspricht der nahezu rhombischen Form, welche man erhält, wenn man $\{\bar{2}21\}$ als $\{110\}$ annimmt ($a : b : c = 0,4035 : 1 : 0,8586$; $\beta = 88^0 34\frac{1}{2}'$). Erhitzt man die Platten bis zum Trübewerden, so kehrt die Feldertheilung zurück, aber die Schwingungsrichtungen sind ungefähr $\parallel$ ($\bar{1}01$); die 1. Mittellinie der optischen Axen wird wieder senkrecht zu (010), ist aber jetzt $\mathfrak{a}$ (bei gewöhnlicher Temperatur $\mathfrak{c}$); die 2. Mittellinie steht $\perp$ ($\bar{1}01$). Bei noch stärkerem Erhitzen verschwindet die Feldertheilung zum zweiten Male, die Platte wird einheitlich, sehr schwach doppeltbrechend, mit ähnlicher Orientirung, wie im vorigen Stadium. Erhitzt man endlich die Platten auf Platinblech über einem Bunsenbrenner und hellt sie dann in Oel auf, so scheinen dieselben einfachbrechend, während sie nach anderen Richtungen noch eine deutliche, wenn auch sehr schwache Doppelbrechung erkennen lassen. Trübe gewordener Heulandit nimmt den früheren Zustand an der Luft nicht mehr an.

Analcim erfährt durch starkes Erhitzen eine beträchtliche Zunahme der Doppelbrechung, und es treten nun die von Ben Saude (s. diese Zeitschr. 7, 104) beobachteten Feldertheilungen weit besser hervor. Schliffe $\parallel$ (001) nahe der Spitze zeigen die den vier angrenzenden Ikositetraëderflächen entsprechenden Sectoren, deren jeder im converg. Lichte ein fast einaxiges Interferenzbild nahe der Mitte des Gesichtsfeldes erkennen lässt; eben solche Schliffe durch die Mitte zeigen dementsprechend acht Sectoren, deren Interferenzcurven denen einer Platte parallel zur Axenebene gleichen. Schliffe $\parallel$ (111): drei Sectoren mit dunkeln Büscheln. Schliffe $\parallel$ (211) nahe der Oberfläche sind einheitlich und zeigen das Axenbild der pseudoquadratischen Substanz verschoben. Hiernach entsteht durch die Entwässerung ein trikliner Natronleucit, von dem vier Individuen sich zu einem pseudoquadratischen Gebilde vereinigen, und sechs solcher, mit ihrer Pseudo-Hauptaxe nach den drei regulären Hauptaxen geordnet,

setzen den pseudoregulären Krystall zusammen; die erste Mittellinie der 24 Einzelsectoren weicht etwa 4° von der anliegenden Hauptaxe des Ikositetraëders ab. Die starke Doppelbrechung bleibt auch beim Liegen an der Luft erhalten.

Chabasit. Der Verf. fand übereinstimmend mit Becke (s. diese Zeitschr. **5**, 377) die Krystalle aus sechs triklinen Individuen in verschiedener Weise aufgebaut. Die beiden Haupttypen der Verwachsung lassen sich in Schliffen nach einer Rhomboëderfläche, welche stets eine Zwillingsgrenze nach der kurzen Diagonale zeigt, leicht mittelst eines Gypsblättchens von Roth I. Ordnung unterscheiden: bei dem einen entsprechen die nach oben divergirenden, jener Diagonale anliegenden Schwingungsrichtungen der kleineren Elasticität, bei dem zweiten der grösseren. In Schliffen nach der Basis erscheint daher bei ersterem ein Curvensystem mit positiver Mittellinie (Ebene der Axen nahe senkrecht zur Seite des Schliffs), bei letzterem ein solches mit negativer Mittellinie (Ebene der Axen entsprechend den den äusseren Begrenzungslinien anliegenden Schwingungsrichtungen). Chabasite der ersten Art (Idar, Färöer) nehmen bei mässigem Erhitzen die optischen Eigenschaften derjenigen zweiter Art an, bei stärkerem Erhitzen wächst bei beiden die Doppelbrechung bedeutend. Stets bleibt die Zwillingsbildung erhalten. In feuchter Luft Rückverwandlung, wobei stark erhitzte Schliffe oft zerfallen.

In Rücksicht auf die Aehnlichkeiten in den Winkeln, welche Heulandit, Desmin, Phillipsit u. s. w. mit den triklinen Feldspäthen, Analcim mit Leucit zeigen, fasst der Verf. diese Beziehungen als morphotropische auf, welche denn auch die unveränderten Zeolithe mit ihren oben beschriebenen Entwässerungsproducten verbinden, indem letztere oft diejenige höhere Symmetrie besitzen, welche durch die Zwillingsbildung der ersteren gleichsam nur nachgeahmt wird. Die Entwässerung würde dann einen, gewissen Paramorphosenbildungen analogen, Pseudomorphoseprocess darstellen, bei welchem die äussere Form erhalten und der neuen Anordnung der Theile des Inneren eine oft bemerkenswerthe Stabilität verliehen wurde. Ref.: P. Groth.

27. F. Rinne (in Berlin): **Ueber morphotropische Beziehungen zwischen anorganischen Sauerstoff- und Schwefelverbindungen** (Zeitschr. d. geol. Ges. 1890, **42**, 62). — Der Verfasser stellt folgende Vergleichungen zwischen analogen Sauerstoff- und Schwefelverbindungen an:

Sb_2O_3 : rhomb. $a:b:c$ = 1,1741 : 1 : 1,0100 Spaltbarkeit n. {010}
Sb_2S_3 : - - = 0,9926 : 1 : 1,0179 dto.

Bei ersteren ist $b = \frac{1}{3}b$ Laspeyres genommen.

Bi_2O_3 : rhomb. $a:b:c$ = 0,8165 : 1 : 1,0640 Spaltb. {010}
Bi_2S_3 : - - = 0,968 : 1 : 0,985 dto.
As_2O_3 : monos. $a:b:c$ = 1,2120 : 1 : 1,0335 β = 87° 3' dto.
As_2S_3 : rhomb. - = 0,9240 : 1 : 1,0524 90 0 dto.

Für As_2O_3 ist $b = \frac{1}{3}b$ A. Schmidt angenommen.
Also stets nahe Ueberstimmung des Verhältnisses zweier Axen.

ZnO hexag.-hemimorph $a : \frac{1}{2}c$ = 1 : 0,8109
ZnS - - - = 1 : 0,8002.

Die reguläre Form des ersteren unbekannt. CdS hat Axenverhältniss und Spaltbarkeit mit dem hexagonalen ZnO gemein. Das reguläre MnS hat dieselbe hexaëdrische Spaltbarkeit wie MnO (Manganosit). NiO und NiS sind regulär,

hexagonal dagegen nur letzteres bekannt. Derselben Gruppe gehört auch die BeO an (s. diese Zeitschr. **15**, 650). Recht ähnlich ist endlich auch die Krystallform von H_2O nach Nordenskiöld: hexagonal-hemimorph, $a : c = 1 : 1,617$. Alle hexagonalen, durchsichtigen Körper dieser Reihe sind optisch positiv.

Aehnliche Beziehungen herrschen zwischen den O- und S-Verbindungen von Cu_2, Ag_2 und Pb, nämlich:

Cu_2O und Cu_2S regulär $\quad$ Cu_2S rhomb. $a : b : c = 0,5822 : 1 : 0,9709$
Ag_2O und Ag_2S do. $\quad$ PbO - - $= 0,6706 : 1 : 0,9764$.

Endlich lassen sich vergleichen:

Kobaltnickelkies $(Ni, Co, Fe)_3S_4$ mit Magnetit Fe_3O_4
und letzterer als $(FeO_2)_2Fe$ reg. $a : a : a = 1 : 1 : 1$
mit Kupferkies: $(FeS_2)_2Cu_2$ tetr. $a : a : c = 1 : 1 : 0,9856$.

Ref.: P. Groth.

28. G. Firtsch (in Graz): **Rumpfit, ein neues Mineral** (Sitzungsber. d. k. Akad. Wiss. Wien 1890, **99**, I, 417). In den Klüften des Pinolit von der Jassing, östl. von St. Michael in Obersteiermark, findet sich neben Talk ein feinschuppiges, grünlichweisses Mineral von Chlorit-ähnlichen Eigenschaften. H. 1½; spec. Gew. 2,675; v. d. L. unschmelzbar, nicht zersetzbar durch Salz- oder Schwefelsäure. Die basischen Blättchen, anscheinend hexagonal und optisch einaxig, bilden wurmförmig gekrümmte, wirr durcheinander gewachsene Prismen bis 1 mm lang. Die Analyse führt auf die Formel: $Si_{10}O_{65}Al_{16}Mg_7H_{28}$.

Kieselsäure	30,75
Thonerde	41,66
Eisenoxydul	1,61
Kalk	0,89
Magnesia	12,09
Wasser	13,12
	100,12

Nachdem bei 150° noch eine kleine Menge hygroskopisches Wasser entfernt war, ergab sich bis 360° kein Gewichtsverlust, bei etwa 600° (Dunkelrothgluth) in zwei Proben 8,73 resp. 8,82 %, worauf erst wieder bei heller Rothgluth ein Gewichtsverlust eintrat; dieser betrug 12,44 resp. 12,58 % und wurde nach einstündigem Glühen über dem Gebläse 12,75 resp. 12,83 %. Das Mineral wurde nach Prof. Rumpf in Graz benannt.

Ref.: P. Groth.

29. J. Gerstendörfer (in Krumau, Böhmen): **Die Mineralien von Mies in Böhmen** (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1890, **99** (1), 422). — Auf den im Thonschiefer aufsetzenden, erzführenden Quarzgängen bei Mies und dem Pyritgange von Kscheutz ist der Bergbau nur noch auf einem Theile der ersteren im Betriebe. Unter Berücksichtigung der früheren Beobachtungen und seiner eigenen giebt der Verf. folgende Zusammenstellung der auf diesen Gängen vorgekommenen Mineralien.

Silber haarförmig mit Dolomit und Pyrit.

Pyrit derb (traubig u. s. w.) und kryst. in grossen (ält.) und kleinen (jüng.) {100}; ferner kommen vor {111} {201} {211}. Pseudomorphosen nach Baryt, Bleiglanz und Calcit (Comb. zweier negat. Rhomboëder). In Kscheutz meist porös derb, ferner in skalenoëdrischen Pseudomorphosen nach Kalkspath.

Galenit derb (auch nierenförmig, sowie als Bleischweif und Bleimulm) und Cubooktaëder bis über 10 cm Kantenlänge mit Quarz und Zinkblende. Kleiner und glattflächiger, meist bunt angelaufen, sind die Krystalle des jüngeren Galenit, häufig nach einem Flächenpaar von {111} tafelförmig. Der Bleiglanz von Kscheutz ist seltener krystallisirt ({111} vorherrschend) und enthält mehr Silber, als der von Mies.

Brauner Sphalerit auf Quarz oder Bleiglanz in grosser Menge, meist zusammengehäufte und verzwillingte Krystalle mit den Formen {110} {311} {111} {100}; Pseudomorphosen nach Galenit und nierenförmige dichte Aggregate. Die dunklere Zinkblende von Kscheutz kam nur in matten oder feindrusigen Halbkugeln mit dichtem Bruche vor. In den Kohlengruben von Wilkischen bei Mies isolirte schwarze Sphaleritkrystalle mit Siderit auf Kohleneisenstein.

Wurtzit, 1889 in Ueberzügen, nierenförmigen und traubigen Aggregaten auf Bleiglanz u. a. Mineralien vorgekommen, grün, gelb, braun bis schwarz, dicht mit muscheligen Bruche, selten stengelig. Nach Zepharovich doppeltbrechend, mit auffallend niedrigem spec. Gew. 3,558 und einem Gehalt von 2,75 *Sb* (die Analyse ergab im Uebrigen *S*, *Zn*, *Fe*, SiO_2 und einen Verlust von 1,5%, ist also zu wiederholen).

Chalkopyrit selten.

Quarz, in Mies die Hauptmasse der Gangausfüllung, bildet 1) sehr feinkörnige dicke Lagen auf Thonschiefer, deren Drusen grosse Krystalle der gewöhnlichen Form und Zwillingsbildung enthalten, endlich auch zerfressen poröse und tropfsteinähnliche Massen; 2) den jüngeren Quarz in wasserhellen, gewöhnlich kleinen Krystallen auf Bleiglanz, Zinkblende und Dolomit; 3) jüngster Quarz als dünne Krystallkruste. Pseudomorphosen nach Galenit*) in grossen, z. Th. hohlen Hexaëdern, oberflächlich feindrusig und häufig mit Sphaleritkrystallen besetzt; nach Calcit in z. Th. recht grossen Combinationen von $-\frac{1}{2}R$ mit einem sehr steilen Rhomboëder, sehr häufig auch in grossen Skalenoëdern, meist hohl; nach Baryt in kleinen, oft durcheinandergewachsenen rauhen Täfelchen, oft mit noch unverändertem Baryt, auf Quarz. Die bereits von Zippe beschriebenen Pseudomorphosen nach Barytocalcit sind ebenfalls in den letzten Jahren wieder vorgekommen, nach Zepharovich Comb. {$\bar{1}$11} {130}, auf Quarz, theils dicht mit ebenen Flächen, theils porös.

Chalcedon, nierenförmige Massen in Höhlungen des Quarzes, auch in pseudomorphen Hexaëdern, wahrscheinlich nach Fluorit.

Opal, gelbliche Klumpen in porösem Quarz.

Limonit in Ueberzügen auf den verschiedenen Gangmineralien. (Mächtige Brauneisenerzlager befinden sich in der Nähe von Mies, zwischen Těchlowitz und Otrotschin, und bei Kscheutz.)

Fluorit {100} in Quarz eingewachsen, farblos, violett, grün u. s. w., selten aufgewachsene grüne Hexaëder; ferner derb mit verschiedener Färbung, am häufigsten grün.

Calcit nicht häufig und meist corrodirt (vergl. oben Pseudomorphosen unter »Quarz«). Zepharovich wies folgende Formen nach: $-\frac{1}{2}R$, $-\frac{4}{5}R$, $-9R$, $-17R$, $-\frac{1}{2}R10$, ferner in gelben Krystallen die Comb. $-\frac{2}{3}R$, $-5R$; der Verf. ausserdem $0R$, ∞R, $\infty P2$. Dagegen ist der Kalkspath in Kscheutz sehr häufig,

---

*) Nach der Beschreibung des Verfs. ist das ursprüngliche Mineral wahrscheinlich [nicht B]leiglanz, sondern Fluorit gewesen. Der Ref.

derb und schön krystallisirt; beob. Formen: $-\frac{1}{2}R$, ∞R, $\infty P2$ und sehr steile negative Rhomboëder.

Dolomit sehr häufig, theils feinkörnig, theils porös mit kleinen Rhomboëdern in den Hohlräumen; in Kscheutz auch schöne Drusen mit grösseren Krystallen.

Cerussit, zwei verschiedenen Generationen angehörig, findet sich auf den Gängen von Mies bekanntlich sehr schön krystallisirt, oft braun gefärbt. Der Habitus ist ein sehr verschiedener: prismatisch mit den Formen {110} {010} {001} {111} {021}, bei Ausbildung der letzteren anscheinend hexagonal, zuweilen wasserhell; pyramidale oder domatische Combination von {111} {021} {001} {110} {010}, meist braune grosse Krystalle (bis 5 cm), einzeln auf zerfressenem Bleiglanz aufgewachsen; endlich nach (010) tafelförmige Zwillinge und Drillinge. Auch kommen faserige Bündel nadelförmiger Krystalle und feinerdige derbe Massen vor. Unter den domatischen Krystallen wurden theilweise in Bleiglanz umgewandelte beobachtet.

Barytocalcit. Ausser den erwähnten in Quarz umgewandelten Krystallen fand Verf. auch Pseudomorphosen von Baryt nach Barytocalcit, welche theilweise mit Säure brausten, also wohl noch etwas unzersetztes Mineral enthielten; die Krystalle, {110} {$\bar{1}$11}, sind auf Baryt aufgewachsen.

Azurit als Anflug in geringer Menge, Malachit ebenso, etwas häufiger.

Baryt sehr häufig, meist auf Quarz, gewöhnlich gelb oder braun gefärbt. Combinationen: {001} {110}; {001} {110} {011} {111}; am häufigsten {001} {011} {102}, seltener mit {110}; {011} {102} mit oder ohne {001} in polysynthetischen Gruppen dicksäulenförmiger Krystalle; {001} {110} {021}. Fortwachsungen mit verschiedener Färbung; dünne Ueberzüge von Galenit und Pyrit; andererseits bildet der B. Incrustationen der übrigen Gangmineralien Calcit, Quarz u. s. w. Der derbe B. ist häufig nierenförmig und kugelig mit feinfaseriger Textur, endlich auch stalaktitisch.

Krystallisirter Gyps fand sich einmal auf einer Kluft.

Goslarit als pulveriger Beschlag oder dünner Ueberzug auf Zinkblende und Wurtzit.

Melanterit sehr häufig in dünnen Prismen, als mehliger Beschlag und in ziemlich dicken Krusten, in den oberen Horizonten oft in Höhlungen Bruchstücke der Gangmasse verkittend.

Pyromorphit, grün früher sehr häufig, jetzt selten; braun in den neueren Vorkommen herrschend, meist deutlich krystallisirt; auch Stalaktiten, innen radialstengelig. Der kalkhaltige, sog. Miesit bildet meist dunkelbraune Kugeln oder höckerige Krusten mit feindrusiger Oberfläche und mit muscheligem, schaligem oder radialfaserigem Bruche.

Als jüngere Bildungen kommen in Hohlräumen vor: Asbest, Thon, ein dunkelgrünes und nesterweise im Thonschiefer ein gelblichweisses, Steinmark ähnliches Mineral.

Der Verf. giebt am Schlusse eine Zusammenstellung der Altersfolge der Gangmineralien, aus welcher hervorgeht, dass Quarz, Galenit, Baryt, Pyrit, Cerussit und Pyromorphit in mehreren Generationen auftreten.

Ref.: P. Groth.

30. G. Tschermak (in Wien): **Die Chloritgruppe** (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1890, **99** (1), 174 und 1891, **100** (1), 29). In ähnlicher Weise wie früher für die Glimmergruppe (diese Zeitschr. **2**, 14 und **3**, 122) liefert der

Verf. in Vorliegendem eine zusammenhängende Bearbeitung der Chloritgruppe nach den krystallographischen und chemischen Beziehungen ihrer einzelnen Glieder. Die Untersuchung ergab, dass die meisten der genauer bekannten Chlorite Glieder einer zusammenhängenden Reihe (Chlorite der Hauptreihe oder Orthochlorite) darstellen, deren kieselsäurereichstes der Pennin ist, während sich an diesen Klinochlor, Prochlorit, Korundophilit und Amesit anschliessen. Die Krystallformen, bekanntlich anscheinend verschieden (theils monoklin, theils rhomboëdrisch), lassen sich sämmtlich auf eine monokline Grundform zurückführen, unter der Annahme, dass die rhomboëdrischen Formen mimetische seien, aufgebaut aus zahlreichen Lamellen nach dem Glimmergesetze (zum Unterschiede von der sonst ähnlichen Auffassung Mallard's wird also hier ein bestimmtes Zwillingsgesetz zu Grunde gelegt). In der That existiren alle möglichen Uebergänge von einfachen monoklinen Krystallen mit grossem optischen Axenwinkel und erheblicher Neigung der Mittellinie gegen die Normale der Basis (Klinochlor), bis zur vollständigen Einaxigkeit (Pennin), indem bei Verkleinerung des Axenwinkels jene Schiefe der Mittellinie abnimmt und in den optisch einaxigen Chloriten die optische Axe zur Spaltungsebene senkrecht steht. Im Folgenden werden nun zunächst die Mineralien der Hauptreihe nach den Eigenschaften ihrer Krystalle, beginnend mit den einfachen monoklinen, beschrieben.

Orthochlorite.

Klinochlor vom Typus Achmatowsk. Mit Rücksicht auf die Vergleichung mit den Glimmermineralien wird für den Klinochlor das Axenverhältniss adoptirt:

$$a : b : c = 0{,}57735 : 1 : 2{,}2771; \; \beta = 89^0\,40^0,$$

berechnet aus den Winkeln PM (nach Kokscharow's Bezeichnung) $= 66^0\,3'$, $Po = 77^0\,53\frac{1}{2}'$ und $MPh = 60^0$. In der folgenden Tabelle sind die vom Verf. gewählten Buchstabenbezeichnungen und Symbole mit denen Kokscharow's zusammengestellt:

Tschermak:	Kokscharow:	Tschermak:	Kokscharow:
$u = \{227\}$	$u = \{221\}$	$c = \{001\}$	$P = \{001\}$
$d = \{225\}$	$d = \{661\}$	$x = \{4.0.11\}$	$x = \{401\}$
$m = \{112\}$	$M = \{110\}$	$z = \{405\}$	$z = \{\bar{4}01\}$
$o = \{\bar{1}11\}$	$o = \{\bar{1}11\}$	$i = \{\bar{1}01\}$	$i = \{\bar{1}01\}$
$\mu = \{\bar{1}12\}$	$m = \{\bar{3}31\}$	$y = \{\bar{2}05\}$	$y = \{\bar{2}03\}$
$n = \{\bar{2}25\}$	$n = \{\bar{2}23\}$	$w = \{267\}$	$w = \{261\}$
$k = \{011\}$	$k = \{031\}$	$v = \{132\}$	$v = \{130\}$
$t = \{043\}$	$t = \{041\}$	$\varepsilon = \{\bar{2}65\}$	$c = \{\bar{2}63\}$
$b = \{010\}$	$h = \{010\}$	$s = \{\bar{1}34\}$	$s = \{\bar{1}32\}$.

Die von Des Cloizeaux an den Krystallen von Pfitsch beobachteten Formen β, δ, ϑ, $\varkappa$ erhalten die Symbole:

$$\beta = \{0.11.24\} \qquad \vartheta = \{0.11.18\}$$
$$\delta = \{059\} \qquad \varkappa = \{034\}.$$

Kokscharow's neue Form r $\{\bar{1}\bar{7}.17.25\}$ (s. diese Zeitschr. **17**, **620**) wird $\mathfrak{n} = \{\bar{5}.5.12\}$.

Die Beobachtungen des Verf. erstrecken sich auf zwölf optisch orientirte Krystalle von: 1) Achmatowsk (*A* bez.), smaragd- bis schwarzgrün, mit Diopsid, seltener Beryll, Calcit und rothem Granat auf Klinochlorschiefer oder einem Ge-

menge von Granat, Diopsid und Klinochlor; 2) Pfitsch (*P*), mit feinen, farblosen bis grünlichen Diopsidprismen, zuweilen auch mit gelbem Titanit, Calcit, farblosem Zirkon oder Quarz in Spalten eines oft schieferigen Gemenges von Granat, Salit, Klinochlor und Calcit; 3) Texas (*T*), smaragd- bis schwärzlichgrün, auf Chromit. Die gemessenen Winkel zu *c* (001) betragen:

	Berechnet:	Kokscharow:	Des Cloizeaux:	Tschermak:
$x = (4.0.11)$	54° 53′	54° 56′	—	—
$z = (405)$	72 7	—	—	—
$i = (\bar{1}01)$	76 5	—	—	76° 10′ *A*
$y = (\bar{2}05)$	57 52	—	—	—
$u = (227)$	52 17	—	—	— *A*
$^*e = (6.6.17)$	58 13	—	—	58 20 *T*
$d = (225)$	61 1	60 55	—	—
$m = (112)$	—	66 3	—	— *A*
$o = (\bar{1}11)$	—	77 53,5	—	— *A*
$\mu = (\bar{1}12)$	66 32	—	—	66 20 *A*
$^*\nu = (\bar{3}37)$	63 6	—	—	63 18 *A*
$\mathfrak{n} = (\bar{5}.5.12)$	62 26	62 22	—	—
$n = (\bar{2}25)$	61 28	61 32	—	61 30 *A*
$^*l = (\bar{7}.7.20)$	58 6	—	—	58 0 *T*
$^*\mathfrak{u} = (\bar{7}.7.25)$	52 4	—	—	52 8 *P*
$^*\eta = (\bar{4}.4.17)$	47 10	—	—	47 0 *P*
$w = (267)$	65 56	—	—	—
$v = (132)$	75 37	—	—	—
$^*\varsigma = (7.21.8)$	81 35	—	—	38 33 *A*
$\varepsilon = (\bar{2}65)$	72 34	—	—	—
$s = (\bar{1}34)$	63 15	—	—	—
$\beta = (0.11.24)$	46 14	—	46° 46′	46 16 *P*
$\delta = (059)$	51 41	—	51 11	—
$\vartheta = (0.11.18)$	54 18	—	54 30	54 20 *T*
$\varkappa = (034)$	59 39	—	59 30	—
$k = (011)$	66 17	—	—	—
$t = (043)$	71 46	71 49	—	71 20 *A*
$^*\tau = (053)$	75 14	—	—	75 21 *T*

Ausser den mit * bezeichneten fand Verf. noch mehrere neue Flächen, welche aber nicht bestimmt werden konnten. Des Cloizeaux's Messung für β stimmt besser mit (0.7.15) (berechnet: 46° 45′), daher hier vielleicht zwei verschiedene Flächen vorliegen. Verf.'s Messung für t führt eher auf (0.13.10), berechnet: 71° 20′.

Zwillingsbildung nach zwei Gesetzen: 1) Zwillingsebene eine auf *c*(001) senkrechte*) Fläche der Zone *cm* (Glimmergesetz), 2) Zwill.-Eb. *c*(001) (Penningesetz). Nach dem ersten, dem vorherrschenden, werden bei Ueberlagerung nach (001) Flächen in andere Zonen übergeführt, welche mit den ersteren 60° oder Vielfache davon bilden, nach dem zweiten Gesetze dagegen alle Flächen in dieselben Zonen, aber in eine um 180° verschiedene Lage. Da die Mehrzahl der Klinochlorkrystalle aus lamellaren Verwachsungen bestehen, so können ohne optische Prüfung leicht Flächen mit solchen anderer Zonen verwechselt werden,

*) (001) beider Krystalle erwiesen sich stets vollkommen parallel.

welche sehr ähnliche Neigung zu (001) haben, z. B. $\beta(0.7.15)$ mit $\eta(\bar{4}.4.17)$, $k(011)$ mit $\mu(\bar{1}12)$, $z(405)$ mit $\varepsilon(\bar{2}65)$, $\ddot{u}(\bar{7}.7.25)$ mit $u(227)$. Die Form $\ddot{u}$ ist trotz ihrer complicirten Indices (welche übrigens bei anderer Wahl der Elemente einfacher würden) sicher, da sie an zwei optisch untersuchten Krystallen von Pfitsch als breite Fläche (mit $cmq\beta t$) auftrat. Endlich kommen auch Flächen mit ähnlicher Neigung zu (001) in Zonen vor, welche 30° mit einander bilden, nämlich $y(\bar{2}05)$ und $l(\bar{7}.7.20)$, $s(\bar{1}34)$ und $\nu(\bar{3}37)$, $w(267)$ und $m(112)$, $\tau(053)$ und $v(132)$. Dazu kommt nun die gewöhnlich sehr unsymmetrische Vertheilung der Flächen durch Fehlen zugehöriger, welche eher auf das trikline System hinweist.

Diesem letzteren entsprechen auch die mit Flusssäure erhaltenen Aetzfiguren auf (001), gewöhnlich Dreiecke, deren eine Seite ‖ [001.101] ist und die asymmetrisch durch Rundung einer Ecke sind; es treten rechte und linke nebeneinander auf, meist aber nur eine Art und auf der Gegenfläche $(00\bar{1})$ in der einem triklinen Krystall entsprechenden Stellung. Untergeordnet finden sich auch monosymmetrische Aetzfiguren vor, deren Symmetrielinie der optischen Axenebene parallel läuft, an den Krystallen von Pfitsch recht häufig. Es lässt sich dies so deuten, dass die Krystalle parallele Verwachsungen von triklinen und monoklinen Theilen darstellen, oder dass sie triklin sind, aber Zwillingsbildung nach (010) mit inniger Mischung da vorhanden ist, wo sie die monosymmetrischen Aetzfiguren bilden.

Die Schlagfigur ist wie bei den Glimmern ein sechsstrahliger Stern, dessen einer Strahl ‖ (010), die Druckstrahlen dazu senkrecht.

Ebene der optischen Axen meist ‖ (010); 1. Mittellinie $\mathfrak{c}$ etwas nach vorn geneigt, Dispersion $\varrho < v$. An einem dunkelgrünen Krystall von Achmatowsk ergaben sich die scheinbaren Winkel der beiden Axen mit der ⊥ (001) = 20° resp. 12°; da $\beta = 1{,}588$ (Michel-Lévy und Lacroix), folgt daraus $\mathfrak{c}$: ⊥ (001) = 2°30′ und $2V = 20°$. Letzterer Werth sehr verschieden; andere Krystalle von A. gaben $2E = 12°$, 5°, 1°, einer von Texas 20°—60°, einer von Ala 44°—65°; bei Abnahme desselben nähert sich die Mittellinie der Normale zu c. Bei gleichem Sinn der Doppelbrechung (+) und Dispersion zeigen manche Krystalle oder einzelne Stellen sonst normaler Krystalle von Pfitsch und Texas die Axenebene senkrecht (010), 1. Mittellinie ⊥ (001) ohne horizontale Dispersion; diese Erscheinung ist aber stets mit unvollkommener Auslöschung verbunden.

Die Farbe des K. ist für alle Schwingungen parallel (001) nahe gleich, senkrecht dazu sehr verschieden:

	Körperfarbe:	Schwing. ‖ $\mathfrak{a}$:	Schwing. ‖ $\mathfrak{c}$:
Achmatowsk	schwarzgrün	dunkelgrün	grünlichgelb
—	schwarzbraun	dunkelbraun	braungelb
Texas	dunkelgrün	smaragdgrün	hyacinthroth
—	-	lauchgrün	gelblichgrün
Pfitsch	-	-	grünlichgelb
Ala	graugrün	olivengrün	-

Die Zwillinge nach dem Glimmergesetze sind entweder mit der Basis verwachsen oder die scheinbar hexagonale Tafel zerfällt in drei (im Falle der Verkümmerung des einen in zwei), meist mit krummen Linien aneinander grenzende Theile, deren optische Axenebenen 120° miteinander bilden und welche oft wieder aus vielen übereinander geschichteten Wiederholungszwillingen bestehen. Oft ist deren Durchkreuzung eine solche, dass an der Unterseite die drei Sectoren umgekehrt liegen, und im polarisirten Lichte daher sechs Sectoren erscheinen.

Die gewöhnlichste Verwachsung ist die nach (001) meist mit vielfacher Wiederholung in zwei oder allen drei Stellungen, daher unvollkommene Auslöschung und gestörte Axenbilder an vielen, auch sehr dünnen, Blättchen; die Axenebene zeigt dann beträchtliche Aenderungen ihrer Richtung (daher die oben erwähnte abnorme optische Orientirung wohl auch durch Zwillingsbildung zu erklären) und der Axenwinkel variirt ausserordentlich und wird oft Null. Die einaxigen Partien bilden häufig Streifen parallel der Umgrenzung des Krystalls. Löst man nacheinander eine Anzahl Spaltungslamellen von einem Krystall ab, so findet man manchmal in jeder derselben eine andere Vertheilung der Zwillingspartieen.

Klinochlor von Ala. Nur unter den seltenen tafelförmigen Krystallen sind einzelne zum grossen Theil einfach mit normaler optischer Orientirung und feiner Fältelung senkrecht zu den Kanten *cm* und *cb*. Die gewöhnlichen fassförmigen oder sechs-, auch zwölfseitig prismatischen, meist wurmförmig gekrümmten Krystalle liefern Spaltungsplatten, welche im Inneren einen Kern zeigen von drei- oder sechseckiger Form, dessen Seiten 30° mit denen der Hülle einschliessen; diese erste, von Flächen der Zonen [001.$\bar{1}$01] und [001.130] begrenzte Bildung scheint etwas corrodirt und dann fortgewachsen zu sein nach den Formen des Typus Achmatowsk; die stets complicirter gebaute Hülle zeigt Fältelung und stellenweise abnorme optische Orientirung; bei gewisser Dicke nirgends vollständige Auslöschung. Einige Spaltplättchen aus zwölfseitigen Prismen zeigten Durchwachsung dreier Krystalle, d. h. sechs Sectoren, mit unregelmässigen Grenzen. Ein Krystall mit einem zweiten nach dem Glimmergesetze und ein dritter mit diesem nach dem Penningesetze verbunden, liefert für 1 und 3 einen Zwilling nach einer zu (001) senkrechten Ebene der Zone [001.130]; Andeutungen solcher Zwillingsbildung an den complicirteren Krystallen von Achmatowsk und Ala.

Die meisten Krystalle von Ala und viele von Achmatowsk und Pfitsch, aber nur solche mit complicirtem Zwillingsbau, zeigen geradlinige Knickung und durch Wiederholung derselben Fältelung senkrecht zu den Seiten des hexagonalen Umrisses; geht die Fältelung nach drei solchen Richtungen, so stösst sie in den Diagonalen des Sechsecks zusammen und lässt diese als Zwillingsgrenzen erscheinen, was sie aber im Allgemeinen nicht sind. Die Knickungen gehen theils durch den ganzen Krystall, theils sind sie oberflächlich, endlich kommen sie auch im Inneren vor und sind bei weiterem Wachsthum gedeckt worden. Die Winkel der Knickung betragen nach zahlreichen Messungen stets sehr nahe 20′ oder ganze Vielfache davon, besonders oft 40′; diese erwiesen sich als parallel der Axe *b*, die von 20′ den Zonen {001}:{130}. An besonders dünnen isolirten Lamellen konnte eine symmetrische Schiefe der Schwingungsrichtungen von je 30° an der Knickungslinie erkannt werden, während an vielen jener Linien keine Verschiedenheit der Schwingungsrichtungen vorhanden ist. In letzterem Falle liegt eine Zwillingsbildung nach (100) vor, welche wegen der Axenschiefe β(20′) die in der That beobachtete Knickung der Basis um 40′ erfordert und bei der die optischen Axenebenen parallel sind. Der erstere Fall entspricht einer Zwillingsbildung nach (130), welches mit (001) 89°50′ bildet, daher hier die Knickung nur 20′ betragen kann und die Auslöschungsrichtungen beider Krystalle sich unter 60° schneiden müssen, wie es die Beobachtung ergab. Diese Erklärung bezieht sich aber nur auf die kleinsten Knickungen von 20′ und 40′; die grösseren kommen durch das Zusammenwirken dieser Zwillingsbildung mit derjenigen nach dem Glimmergesetze zu Stande. Denkt man sich einen sehr kleinen Drilling dieses Gesetzes und in einem Krystall desselben eine Zwillingsgrenze nach (100),

Knickung 40′, in den beiden anderen eine parallel verlaufende Knickung, welche hier nach (130) stattfindet, also 20′ beträgt, so erhält man, wenn der zwischenliegende Streifen sehr schmal ist, scheinbar eine Knickung von 40′ + 20′ = 1°; diese zusammengesetzte Knickung kann sich durch Fortsetzung der Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze noch vergrössern, da sich hierbei Knickungen von paralleler Richtung in gleichem Sinne wiederholen und so grössere Multipla von 20′ als Neigung hervorbringen können, ebenso wie auch ein mannigfacher Wechsel ein- und ausspringender Winkel stattfinden kann. Denkt man sich von einer zusammengesetzten gleichsinnigen Knickung nur die aussen gelegenen Flächen (001) fortwachsend, so stossen diese alsdann zu einer einfachen Knickung von grösserem Betrage als 20′ oder 40′ zusammen, und wenn in den später gebildeten Schichten neue Knickungen hinzutreten, so können bis zu mehreren Graden steile Falten entstehen. So lassen sich alle beobachteten Erscheinungen der Fältelung aus diesen Zwillingsbildungen ableiten.

Durch dieselben lassen sich endlich die am Klinochlor von Ala so häufigen gekrümmten Krystalle und die mannigfach gewundenen Säulchen (Volger's Helminth) erklären. An tafelförmigen Krystallen sieht man zuweilen die Anfänge ihrer Bildung, nämlich Auflagerung einer in Zwillingsstellung nach (100) oder (130) befindlichen Tafel, welche nur einen Theil der unteren bedeckt und daher eine einspringende Kante, parallel [001.100] oder [001.130], mit ihr bildet, so dass von dieser Grenze ab die Tafel sich nach einer Seite keilförmig verdickt; wiederholt sich diese einseitige Auflagerung durch Wiederholung der Zwillingsbildung, so entstehen immer stärker geneigte keilförmige Aggregate, welche nach aussen durch gekrümmte Scheinflächen begrenzt werden. Bei dem so entstehenden Beginn eines gekrümmten Prismas liegt die Krümmungsebene in einer Diagonale des sechsseitigen Umrisses. Oefters aber bilden sich gleichzeitig zwei benachbarte Ansätze, endlich kann auch Zwillingsbildung nach allen drei Flächen (100) (130) $(1\bar{3}0)$ zugleich eintreten. Alsdann aber kann eine einfache Krümmung des sich aufbauenden Prismas nur dann stattfinden, wenn zwei nebeneinander sich auflagernde Zwillingstafeln sich in der Neigung das Gleichgewicht halten; in jedem anderen Falle muss die Ebene der Krümmung sich ändern und das Prisma eine gewundene Form annehmen. Ebenso können die fassförmigen und rosettenförmigen Bildungen erklärt werden.

Leuchtenbergit. Bekanntlich sind die Seitenflächen der Krystalle matt, doch lassen sich Ueberlagerungszwillinge nach dem Glimmergesetze, wie beim Klinochlor, erkennen. Die grossentheils trüben und viele Einschlüsse enthaltenden Tafeln werden von verdünnter Flusssäure stark angegriffen und geben selten deutliche Aetzfiguren, theils von derselben asymmetrischen Form, wie die des Klinochlor, theils regelmässige Sechsecke. Alle durchsichtigen Blättchen sind positiv, theils einaxig, theils zweiaxig mit kleinem Axenwinkel bis 6°. Dispersion und Orientirung der Axenebene zur Schlagfigur und zum Umriss, sowie Lage der optischen Axen in drei um 120° verschiedenen Ebenen wie beim Klinochlor von Achmatowsk. Die an den grossen Krystallen angelagerten Fransen und Schüppchen entsprechen einfachen Klinochlorkrystallen mit 0—15° Axenwinkel.

Das Mineral von Slatoust ist jedenfalls nicht mehr in seinem ursprünglichen Zustande; man kann es als einen Klinochlor betrachten, von dessen isomorphen Mischungscomponenten ein kleiner Theil, wahrscheinlich die eisenhaltige Substanz, weggeführt worden ist, während der Rest einheitlich blieb und die wesentlichen Eigenschaften eines Klinochlor bewahrte.

Hierher gehören ferner: durchsichtige, blassgelbe, nach der Axe *a* gestreckte,

sechsseitige Tafeln von Amity in New York, mit blass grünlichen Hornblendekrystallen, deren Oberfläche weich, gelblichgrau, specksteinartig zersetzt ist, ferner mit hell rothbraunen kurzen Prismen von Phlogopit und kleinkörnigem, berlinerblauem Fluorit, endlich kleinen Partikeln von Graphit, in grobkörnig krystallinischem Kalk. Die matten Seitenflächen liessen sich nicht feststellen, da die Krystalle aus vielen Zwillingsblättchen zusammengesetzt sind; manche Tafeln grob gefaltet. Schlagfigur, Lage der optischen Axen und Dispersion, sowie Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze, wie beim K. von Achmatowsk; Axenwinkel von 29° in klaren Platten, in trüben 10° und weniger. Aetzfiguren meist asymmetrisch.

Aehnlicher weisser oder grünlichweisser Klinochlor findet sich in undeutlich ausgebildeten Täfelchen mit dem Seybertit von Amity, dem Waluëwit von Nasiamsk und neben Brandisit und Fassaït vom Monzoni (s. diese Zeitschr. **3**, 500); die Axenwinkel wurden zu 22°, resp. 42° und 12°—2° beobachtet. Sechsseitige Tafeln mit ähnlichen Eigenschaften ($2E = 21°—5°$) fand Verf. an Magnetitstufen von Traversella. Solche Vorkommen sind früher wohl für Talk gehalten oder als Talkchlorit (Des Cloizeaux) bezeichnet worden; auch desselben Autors weisser Chlorit von Mauléon scheint hierher zu gehören.

Korundophilit von Chester in Massachusetts; dunkelolivengrüne Blättchen, auf einem feinkörnigen Gemenge derselben Substanz mit Magnetit, besitzen die Eigenschaften des Klinochlor, nur sind sie etwas spröder. Sechs- oder zwölfseitige Tafeln, deren grösseren matten Seitenflächen den Zonen [001.$\bar{1}$01] und [001.130] angehören; Flächen der Zonen *cm* erscheinen als etwas glattere, aber treppenartige Abstumpfungen. Beim Zersprengen der Blättchen entstehen ziemlich ebene Trennungsflächen in den Zonen der Schlagfigur, deren Messungen den Symbolen (089) (223) (445) ($\bar{1}$16) ($\bar{2}$25) entsprechende Werthe ergaben. Auch in der Richtung der Drucklinien entstehen zarte Sprünge. Mit Flusssäure sehr leicht zersetzbar; monosymmetrische Aetzfiguren. Ebene der optischen Axen ∥ einer Schlaglinie, Doppelbrechung, Schiefe der Mittellinie und Dispersion = Klinochlor; $2E$ beob. = 80°, woraus mit β des K. berechnet: $2V = 46\frac{2}{3}°$ und Abweichung der 1. Mittellinie von der Normalen auf $c = 8°20'$. An Zwillingsgrenzen, wo die Einzelkrystalle übereinander lagern, wird der Axenwinkel sehr klein. Die Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze ist meist eine Uebereinanderlagerung, oft aber auch Berührung mit krummen Grenzflächen; sie lässt sich auch in dem feinkörnigen Korundophilit der Unterlage nachweisen.

Amesit, auf Diaspor von demselben Fundorte. S. diese Zeitschr. **1**, 223 (Pisani). Die Angabe der Einaxigkeit dürfte nur angenähert sein.

Klinochlor vom Typus Zillerthal. Dieser unterscheidet sich durch seinen rhomboëdrischen Habitus und ist daher oft mit Pennin verwechselt worden. Der Verf. untersuchte Krystalle eines ähnlichen Vorkommens, wie Hessenberg (min. Notizen Nr. 7), und vom Wildkreuzjoch im Pfitschthal. Dieselben sind schwarzgrün, in dünnen Spaltungsplatten smaragdgrün, dagegen durch die Seitenflächen gesehen hyacinthroth, und sitzen mit borstenförmigem, grünlichweissem Diopsid, Apatit, Magnetit und Titanit auf dichtem grünlichweissem Feldspath mit anhängendem Chloritschiefer oder auf Dioritschiefer. Der rhomboëdrische Habitus und die oft dreiseitige Form der Basis wird bewirkt durch das Vorherrschen der drei Zonen [001.$\bar{1}$01], [001.130], [001.1$\bar{3}$0]; besonders entwickelt sind unter diesen Randflächen die Formen $v\{132\}$, $g\{261\}$, $f\{\bar{4}01\}$ oder ihnen sehr nahe stehende mit complicirteren Indices; die am K. von Achmatowsk häufige $i\{\bar{1}01\}$ wird hier durch $j\{\bar{3}\bar{1}.0.30\}$, $\ddot{\imath}\{\bar{3}2.0.33\}$, ferner durch $r\{\bar{5}06\}$ und $\sigma\{\bar{6}05\}$ vertreten; neben

oder anstatt v kommen häufig die naheliegenden $\psi\{8.24.17\}$, $\varphi\{9.\bar{27}.17\}$, $p\{9.\bar{27}.20\}$, $\xi\{11.\bar{33}.20\}$ vor, endlich treten in allen drei Zonen gekrümmte Flächen mit Winkeln von 38°—59° gegen c auf. Stets sind die Krystalle sehr unsymmetrisch ausgebildet, indem z. B. links pq, rechts g, — links $\varrho\xi$, rechts $v\chi g$ — links ξ, rechts r u. s. f. auftreten, die gemessenen 15 Krystalle lassen sich alle so aufstellen, dass v, χ, g immer rechts, p, φ, ξ immer links, ϱ dagegen zu beiden Seiten erscheint. Da auch die Aetzung asymmetrische Figuren liefert, so spricht dies für das trikline System, während die Messungen keine die Fehlergrenzen übersteigenden Abweichungen von dem monoklinen ergeben und auch die bei der starken Färbung freilich nur approximativen optischen Beobachtungen mit dem letzten übereinstimmen. In der folgenden Tabelle sind die gegen $c(001)$ gemessenen Winkel mit einigen von Hessenberg zusammengestellt.

	Berechnet:	Beobachtet:	Zahl der Krystalle:	
$\varrho = (397)$	73° 22′	73° 20′	4	
$p = (9.\bar{27}.20)$	74 7	74 8	3	
$\psi = (8.24.17)$	74 46	74 44	1	
$v = (132)$	75 37	{75 39	2	
		{75 34	1	Hessenberg
$\varphi = (9.\bar{27}.17)$	76 23	76 25	6	
$\xi = (11.\bar{33}.20)$	76 52	76 50	4	
$\chi = (392)$	85 0	84 57	2	
$g = (261)$	86 12	86 13	4	
$\omega = (\bar{3}05)$	67 23	67 25 ca.	1	
$r = (\bar{5}06)$	73 23	73 16	3	
$\pi = (\bar{7}08)$	74 9	74 3	1	
ï $= (\bar{32}.0.33)$	75 40	75 40	3	
$j = (\bar{31}.0.30)$	76 32	76 33	8	
$\sigma = (\bar{6}05)$	78 23	78 28	1	
$q = (\bar{11}.0.4)$	85 4	85 5	3	
$\gamma = (\bar{7}02)$	86 11	86 8	1	
$f = (\bar{4}01)$	86 42	86 41	1	Hessenberg
$h = (301)$	95 10	95 0 ca.	2	
$b = (010)$	90 0	{90 4	1	Hessenberg
		{90 8		

Hiernach weichen die Winkel von $\varrho(397)$ und $r(\bar{5}06)$, $p(9.\bar{27}.20)$ und $\pi(\bar{7}08)$, $v(132)$ und ï$(\bar{32}.0.33)$, $\varphi(9.27.17)$ und $j(\bar{31}.0.30)$, $\chi(392)$ und $q(11.0.\bar{7})$, $g(261)$ und $\gamma(\bar{7}02)$ nur um wenige Minuten (1′—9′) voneinander ab und können, da auch hier Zwillingsbildung nach dem Glimmer- und dem Pennin-gesetze eine gewöhnliche Erscheinung ist, ohne optische Orientirung durch Messung nicht unterschieden werden.

Ferner geht aus der Tabelle hervor, dass die Flächen der drei um 120° verschiedenen Zonen gegen c fast genau gleiche Neigung besitzen, sich also wie die Flächen eines steilen Rhomboëders verhalten, ganz ähnlich wie es beim Biotit der Fall ist. Wenn man diesem Verhältnisse durch die Wahl rechtwinkliger Axen Rechnung zu tragen sucht, erhält man die kleinsten Indices, wenn man eine unter 80° 16′ zu (001) geneigte Fläche als $(\bar{1}01)$ nimmt (die entsprechende Fläche am Biotit hat die Neigung 80° 0′). Diese Indices, bei denen immer eine Fläche $(h.3h.l)$ einer Fläche $(-2h.0.l)$ von gleicher Neigung zu c entspricht, sind in der folgenden Tabelle mit den früher angenommenen verglichen.

	$\beta = 89^0 40'$	$\beta = 90^0$		$\beta = 89^0 40'$	$\beta = 90^0$	Ber. W.	Beob. W.
ϱ =	(397)	(267)	r =	$(\bar{5}06)$	$(\bar{4}07)$	73° 17′	20′ 16′
p =	(9.27.20)	(3.9.10)	π =	$(\bar{7}08)$	$(\bar{3}05)$	74 3	8 3
v =	(132)	(133)	i =	$(\bar{3}\bar{2}.0.33)$	$(\bar{2}03)$	75 34	37 40
ψ =	(9.27.17)	(5.15.14)	j =	$(\bar{3}\bar{1}.0.30)$	$(\bar{5}07)$	76 30	25 33
ξ =	(11.33.20)	(4.12.11)		—	—	76 44	50 0
χ =	(392)	(131)	q =	$(\bar{1}\bar{1}.0.4)$	$(\bar{2}01)$	85 6	— 3 5
g =	(261)	(5.15.4)	γ =	$(\bar{7}02)$	$(\bar{5}02)$	86 5	13 8
			f =	$(\bar{4}01)$	$(\bar{3}01)$	86 43	0 41

Da die für die Indices in der neuen Stellung durchschnittlich sich ergebende Vereinfachung beim Klinochlor von Achmatowsk nicht eintritt (z. B. würde $i(\bar{1}01)$: $(\bar{9}.0.13)$, $o(\bar{1}11)$:$(\bar{9}.9.13)$, $t(034)$:$(0.10.11)$, beide Vorkommen aber chemisch identisch sind, so wurde im Folgenden die früher angenommene Stellung beibehalten.

Die negativen steilen Rhomboëdern ähnlichen Flächen in den Zonenstücken von (001) bis $(\bar{1}00)$, (001) bis (130) und (001) bis $(1\bar{3}0)$ sind, wie die Basis, glatt; in den Zonenstücken, welche positiven Rhomboëdern entsprechen würden, erscheinen meist Scheinflächen, durch treppenförmiges Alterniren von c mit den Flächen der ersteren gebildet; nur eine glattflächige Form, $h(301)$, wurde beobachtet, und diese hat ähnliche Neigung, wie $q(\bar{1}1.0.4)$, in dessen Lage sie durch Zwillingsbildung nach dem Penningesetze gelangen kann und umgekehrt. Diese Art der Verwachsung tritt hier nur untergeordnet auf in Form eingeschalteter Blättchen; da hierbei die Ebene der optischen Axen dieselbe bleibt, kann sie leicht übersehen werden; nur bei grösserer Dicke der eingeschalteten Blättchen machen sich diese durch das Auftreten von Randflächen in der Stellung positiver Rhomboëder bemerkbar. Die optisch, wegen der Verschiedenheit der Axenebenen um 120°, leicht zu constatirenden Zwillinge nach dem Glimmergesetze finden sich ganz so ausgebildet, wie beim Biotit.

Zu demselben Typus gehören auch die bekannten grossen dreiseitigen Tafeln von Westchester in Pennsylvanien, deren Randflächen den oben erwähnten treppenförmigen Scheinflächen entsprechen, während ihnen die glattflächigen Formen der Zillerthaler Krystalle fehlen. Auch an ihnen lässt sich zuweilen die Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze optisch erkennen. Die sechsstrahlige Schlagfigur fällt oft sehr scharf aus, ein Strahl ist $\parallel bc$; die Druckfigur, den Winkel der Schlagstrahlen halbirend, ist nicht ohne diese zu erhalten. Trennungsflächen bilden sich leichter parallel der Schlagfigur.

Die Krystalle von Westchester, wie die vom Zillerthal, lieferten bei längerer Aetzung mit mässig verdünnter Flusssäure scharfe Figuren, asymmetrische Vierecke — ein nahezu gleichseitiges Dreieck durch eine theilweise gerundete Seite schräg abgestumpft. Die letzterer gegenüber liegende längste Seite ist, wie an den Krystallen vom Zillerthal festgestellt werden kann, der Kante cv zugekehrt und ihr parallel, also die entsprechende Aetzfläche in der Zone $[001.\bar{1}30]$, die der zweiten Seite liegt in [001.100], die der dritten in $[001.\bar{1}30]$, die gerundete endlich in [001.150] (ebener Winkel mit der zweiten 109°). Auf der unteren Basisfläche liegen die Aetzfiguren umgekehrt, so wie es der Symmetrie eines parallelflächig triklinen Krystalls entspricht. An dünnen Spaltblättchen bilden sich die oberen und unteren Aetzfiguren oft genau übereinander, und die Figur eines regelmässigen Sechsecks, mit welcher sie einander überdecken, wird dann nicht selten von der Säure ganz ausgefressen; so entstehen feine Gruben und Kanäle, wenn die Säure in's Innere eindringen konnte, in grosser Zahl. Derartige regulär

sechsseitige Aetzfiguren können aber auch durch das Vorhandensein einer Zwillingslamelle nach (001) bewirkt werden, in welcher sich eine umgekehrt gestellte asymmetrische Aetzfigur bilden muss. Selten sind monosymmetrische Aetzfiguren.

Die optischen Eigenschaften sind bei diesem Typus genauer festzustellen, da die Krystalle oft einfach sind. Axenebene (010), Doppelbr. +; Axenwinkel ziemlich gross, Mittellinie merklich von der Normalen zu c oben nach vorn geneigt; für diese Schiefe δ und die Grösse des wahren Axenwinkels ergab sich mit Hülfe des an einer Platte von Westchester durch Totalreflexion gemessenen Werthes $\beta = 1,583$:

Westchester	$\delta = 7^{\circ} 10'$	$2V = 51^{\circ} 31'$	für mittl. Farben
Zillerthal	6 45	48 30	- - -

Denselben Werth für δ ergab auch eine ∥ (010) geschnittene Platte. Die schiefer austretende optische Axe zeigt eine viel stärkere Dispersion, als die andere, da die Mittellinie für blau stärker nach vorn geneigt ist, als die für roth. Für eine Platte von Westchester wurden folgende Zahlen erhalten:

Rothes Glas:	$\beta = 1,580$	$\delta = 7^{\circ} 8$	$2V = 50^{\circ} 45'$
Cuprammon.:	1,593	7 40	53 13

Der Axenwinkel $2E$ variirt von 85°—92° Westchester, 77°—85° Zillerthal.

Während Platten aus dem Inneren der Krystalle von Westchester immer die normale optische Orientirung und einfache asymmetrische Aetzfiguren zeigen, geben solche von der Endigung gegen den Serpentin, in welchem sie vorkommen, oft eine abnorme optische Orientirung: Axenebene ⊥(010), Axenwinkel $2E$ nur 50°—60°, Mittellinie ⊥(001); dieselben zeigen stets unvollkommene Auslöschung, oft deutlichen Perlmutterglanz und geben regelmässig sechsseitige Aetzfiguren. Viele Tafeln enthalten Stellen beider Arten von optischer Orientirung neben einander mit unregelmässiger Begrenzung. Die Dispersion ist in beiden Fällen $\varrho < v$.

Auch an den Zillerthaler Krystallen wurden optische Anomalien beobachtet, indem dieselben vollkommen einaxige (+) Schichten enthalten, welche aber nicht scharf begrenzt, sondern durch allmähliche Uebergänge mit der Umgebung verbunden sind. Endlich erweisen sich auch einzelne Krystalle in allen Theilen als vollständig einaxig. Dies ist vorwiegend der Fall mit den mehr lauchgrün gefärbten Krystallen vom Ziller- und Pfitschthal, welche vollkommen die Form des Pennin zeigen, nämlich Combinationen der Basis mit einem treppenartigen positiven und einem glattflächigen negativen Rhomboëder; von den Randflächen des Klinochlor wurde durch Messung $\pi(\bar{7}08)$ und $j(\bar{3}\bar{1}.0.30)$ als sicher, g, ξ, v, ψ, q, σ, i als wahrscheinlich nachgewiesen, aber zum Theil in drei um 120° verschiedenen Zonen in Folge lamellarer Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze. Letztere konnte auch optisch nachgewiesen werden, indem sich die aus einem Krystall erhaltenen Spaltungsplättchen nur zum Theil als positiv einaxig, zum Theil als zweiaxig mit verschieden grossem Axenwinkel und der Dispersion des Klinochlors erwiesen, und in letzterem Falle eine verschiedene Lage der Axenebene jenem Gesetze entsprechend zu erkennen war. Bisweilen kommt auch hier die abnorme optische Orientirung vor. Da dickere Blättchen oft einaxig, dünnere zweiaxig erscheinen (meist ist der Axenwinkel klein, doch kommen auch Stellen mit recht grossem und merklicher Schiefe der Mittellinie vor), kann kein Zweifel sein, dass die scheinbar rhomboëdrischen Krystalle mimetische, aus sehr dünnen zweiaxigen Lamellen aufgebaute, sind. Dementsprechend liefern sie beim Aetzen hexagonale Vertiefungen mit drei kürzeren Seiten, welche als Combinationen dreier asymmetrischer in drei um 120° verschiedenen Stellungen

aufzufassen sind, neben einzelnen asymmetrischen und monosymmetrischen. Diese Krystalle bilden nun gewöhnlich die von Zermatt bekannten Penninzwillinge nach (001), oft mit einspringenden Winkeln und in mannigfacher Ausbildung und in lamellarer Wiederholung (durch letztere erklären sich die zuweilen beobachteten regulär sechseckigen Aetzfiguren).

Kotschubeyit. Die Krystalle sind entweder gleichseitig dreieckige oder sechseckige Tafeln mit drei abwechselnd glatteren Randflächen oder endlich rhomboëderähnliche Formen ohne Basis mit glatteren Flächen eines negativen Rhomboëders. Einige zeigten sich optisch zweiaxig ($2E$ im Maximum 36°) und ohne complicirtere Zwillingsbildung, so dass sie optisch orientirt werden konnten; sie zeigten die Flächen r, j und ψ.

	ber.	beob.
(001): $r(\bar{5}06)$ =	73°23′	73°20′
$j(\bar{3}\bar{1}.0.30)$ =	76 32	76 30
$\psi(8.24.17)$ =	74 46	74 48

Doch erwiesen sich Blättchen aus denselben nur selten an allen Stellen zweiaxig, sondern theilweise auch einaxig, und die meisten Krystalle zeigten verwickelte Zwillingsbildung, manche sind auch ganz einaxig. Auch Aetzfiguren und Schlagfigur stimmen mit dem mimetischen Klinochlor aus dem Zillerthale überein, von dem sich das Mineral nur durch seine Farbe unterscheidet (Schwingungen $\| c$ dunkelblauviolett, senkrecht dazu hell carminroth). Kokscharow (s. diese Zeitschr. **17**, 620) stellte die Krystalle irrthümlich denjenigen von Achmatowsk analog; seine Beobachtungen lassen sich nicht verwerthen, da die optische Orientirung fehlt und in verschiedenen Zonen dieselben Winkel wiederkehren. Prendel (diese Zeitschr. **15**, 81) fand abweichend vom Verf. die optische Axenebene senkrecht zu einer Schlaglinie.

Der Kämmererit von Texas, Pennsylvanien, von Kokscharow (l. c.) zum Kotschubeyit gerechnet, ist in der That zum Theil zweiaxig ($2E = 20°$), aber ohne dadurch von dem einaxigen Kämmererit verschieden zu sein, da beide in einander übergehen. Nach Kokscharow's*) und Cooke's Messungen kommen an den Krystallen vor c, y, i, z, x und wahrscheinlich ($\bar{4}$.0.13) und (807),

	ber.	beob. Cooke	Koksch.
($\bar{4}$.0.13)	50°43′	50°53′	50°49′
(807)	77 11	—	77 20

doch sind dieselben ohne optische Orientirung nicht sicher. Der Verf. fand Form, optisches Verhalten, Schlag- und Aetzfigur übereinstimmend mit dem mimetischen Klinochlor. Einige Krystalle zeigten die am Klinochlor von Ala und am Korundophilit beobachtete zwölfseitig prismatische Form; diese hatten einen grünen Kern von drei- oder sechsseitigem Umriss, welcher nahezu einaxig war, während die Rinde sich einfach und zweiaxig erwies.

Pennin. Die Fundorte der anscheinend rhomboëdrischen Krystalle sind: Binnenthal, Findelengletscher bei Zermatt, Simplon, Ala und die Grünschieferzone zwischen Ziller- und Pfitschthal. Meist herrscht ein Rhomboëder von 76° Neigung zur Basis vor, doch ist in dieser Zone stets eine ganze Reihe von Flächen vorhanden, und niemals finden sich die jenes Rhomboëders vollzählig an allen sechs Seiten, höchstens vier; dem besten beobachteten Werthe 76° 5′ würde ein Seitenkantenwinkel des Rhomboëders von 65° 35′ entsprechen, beobachtet wurde 65°32′—37′. Charakteristisch sind die oft sehr deutlich ausgebildeten

*) Welcher Zwillingsbildung nach dem Glimmer- und dem Penningesetze nachwies; letzteres war auch bereits von Cooke beobachtet worden.

Zwillinge nach der Basis. Die Winkel der gut messbaren Seitenflächen zu (001) stimmen nun vollkommen überein mit denen der drei am Zillerthaler Klinochlor beobachteten Zonen, doch kommen, wie am mimetischen K., Flächen in der gleichen Zone vor, welche an einfachen K.-Krystallen drei verschiedenen Zonen angehören. In der folgenden Tabelle sind daher die Zeichen des K. angewandt und einige früher nicht berücksichtigte, weil nicht ganz sichere Messungen des K. (*) hinzugefügt.

	Klinochlor berechnet:	Klinochlor beobachtet:	Pennin beobachtet:
$(3.9.14)$	59° 16′	—	59° 30′
$(\bar{4}07)$	66 22	—	66 30
$\psi = (8.24.17)$	74 43	74° 44′	74 44
$v = (132)$	75 37	75 38	75 34
$i = (\bar{1}01)$	76 5	76 10	76 5
$j = (\bar{3}\bar{1}.0.30)$	76 31	76 33	76 30
$\xi = (11.\bar{3}\bar{3}.20)$	76 54	76 50	77 0
$\delta = (\bar{9}08)$	77 37	77 30 ca.*	77 35
$\sigma = (\bar{6}05)$	78 23	78 28	78 18
$(\bar{1}\bar{1}.0.9)$	78 46	—	78 40
$(\bar{2}01)$	83 7	83 9 ca.*	83 12
$q = (\bar{1}\bar{1}.0.4)$	85 10	85 5	85 0
$(\bar{1}\bar{1}.0.2)$	87 42	87 30 ca.*	87 40
$(\bar{1}\bar{0}.0.1)$	88 53	—	88 56

Abgesehen von einigen untergeordneten, am Klinochlor nicht beobachteten Flächen besteht der Unterschied wesentlich darin, dass am Pennin $i\{\bar{1}01\}$ vorherrschend auftritt, während es am K. nicht oft vorkommt. Würde man, wie es bisher geschehen, die mimetische Form des P. als rhomboëdrisch und i als primäres Rhomboëder betrachten, so erhielte man sehr complicirte Symbole, einfachere, wenn man ein Rhomboëder von 80° 16′ (s. S. 422) als Grundform wählt.

Pennin ist der zäheste und schwerst spaltbare unter den Chloriten; Schlagfigur = Klinochlor, die Strahlen senkrecht zu den Seiten der Basis; Druckfigur, die vorige halbirend, schwer zu erhalten; Absonderungen nach beiden. Aetzfiguren wie am mimetischen K., selten mono- oder asymmetrisch.

Die oliven- und graugrünen Krystalle geben für Schwingungen $\parallel c$ mehr oder weniger reines Smaragdgrün, $\perp c$ bräunlichroth, braun oder gelb; die lauchgrünen Krystalle blaugrün und gelb.

Ihrem optischen Verhalten nach giebt es zweierlei P.-Krystalle: die einen sind positiv und zeigen im Falle der Zweiaxigkeit die Dispersion $\varrho < v$, die anderen sind negativ und zeigen $\varrho > v$. Die ersteren sind oft, aber nicht immer, olivengrün, die letzteren lauchgrün.

Die positiven Krystalle verhalten sich vollkommen identisch mit denen des mimetischen Klinochlors: Einaxigkeit mit meist verwaschenem Kreuz; Zweiaxigkeit bis $2E = 61^0$, optische Axenebene parallel einer Schlaglinie, zuweilen senkrecht dazu; Drillinge des Glimmergesetzes. Viele Platten theils ein- theils zweiaxig mit scharfen Grenzen oder mit allmählichen Uebergängen; zuweilen einaxiger Kern mit zweiaxiger Rinde von Klinochlor. Hierher gehören sowohl Krystalle von Zermatt als vom Zillerthal, welche neben der zweiten Art vorkommen.

Die negativen Krystalle, d. i. die Mehrzahl derjenigen von Zermatt, sind ein- resp. zweiaxig bis 49° Axenwinkel und zeigen stets sehr verwaschenes Kreuz resp. Hyperbeln; Abweichung der Mittellinie von der $\perp c$ nicht wahrzunehmen;

Ebene der Axen parallel einer Schlaglinie, manchmal auch senkrecht und einer Seite der Basis parallel; bisweilen das Glimmergesetz zu erkennen; manche Platten stellenweise ein- und zweiaxig mit allmählichem Uebergang. Negativ sind ferner lauchgrüne spitzrhomboëdrische Krystalle vom Zillerthal, welche mit kleinen olivengrünen positiven Penninen derselben Form von weissem körnigen Ankerit eingeschlossen sind; dieselben geben ein scharfes Kreuz und den ersten Ring; manchmal zeigt dieses Verhalten nur die äussere Schicht des Krystalls, und die folgenden sind positiv.

Dass in Platten von Zermatt auch positive und negative Stellen mit unbestimmter Grenze neben einander vorkommen und der P. von Ala zuweilen ganz frei von Doppelbrechung ist, beobachtete schon Des Cloizeaux. In der That existiren alle Uebergänge von einem scharfen Kreuze durch ein auch zwischen starken Linsen kaum wahrnehmbares bis zu vollständiger Dunkelheit. Diese Erscheinungen erklären sich durch innige Mischung einer optisch positiven mit einer optisch negativen Substanz, wie beim Apophyllit.

Kämmererit. Das Vorkommen von Bissersk zeigt mimetische hexagonale Pyramiden, wie sie auch am Schweizer Pennin vorkommen, deren Flächen aber keine brauchbaren Messungen gestatteten. Kokscharow fand Werthe, welche mit den Symbolen $\{\bar{8}.0.11\}$, $\{\bar{1}0.0.7\}$, $\{261\}$ des Klinochlor übereinstimmen. Die Krystalle, welche im Inneren einen trüben sechsseitigen Kern besitzen, sind negativ einaxig oder zweiaxig mit kleinem Axenwinkel.

Der Kämmererit von Lancaster City in Texas zeigt oft dieselben Formen und Zwillinge wie der Pennin; die früheren Messungen führen auf die Indices (für Klinochlor): $(\bar{5}.0.16)$, $(\bar{2}05)$, $(\bar{1}01)$; für die letzte, am Pennin so häufige Form fand Cooke $76^0\,5'$ bis $19'$, Des Cloizeaux $76^0\,15'$, Kokscharow $76^0\,7'$ (ber. $76^0\,5'$). Während der K. von Bissersk dem negativen Pennin entspricht, ist der von Texas positiv einaxig oder zweiaxig bis 20^0 Axenwinkel; Axenebene und Dispersion wie am grünen Klinochlor von Texas. Schwingung $\parallel c$ violett, $\perp c$ hyacinthroth. Dass grüne und rothe Partien an demselben Krystall vorkommen, beobachtete schon Des Cloizeaux (s. auch S. 425 beim Kotschubeyit), ebenso positive und negative Stellen in derselben Platte. Der Kämmererit vom Ilmengebirge lieferte kleine positive Plättchen mit kleinem Axenwinkel, im Uebrigen wie der von Texas.

Die grossen Krystalle von der Gulsen bei Kraubat in Steiermark, im Talk auf Klüften des Chromit, zeigen die gewöhnliche Penninform, sind pfirsichblüthroth, optisch positiv mit variablem Axenwinkel (bis 33^0), Axenebene parallel einer Schlaglinie und senkrecht zu einer Seitenkante, also wie beim K. von Texas. Das schwarze Kreuz erscheint auf blauem Grunde.

Prochlorit (Ripidolith). Sechsseitige Prismen mit stark gerieften Flächen, welche keine Messungen gestatten. Bisher waren nur einige negativ doppeltbrechende, theils ein- theils zweiaxige Varietäten optisch untersucht worden. Der Verf. fand nur den vom Floitenthale negativ; die wurmartig gekrümmten Säulchen sind einaxig und geben für Schwingungen $\parallel c$ tiefbraun, $\perp c$ braungelb; Spaltblättchen sind nur am Rande braun (durch Verwachsung mit Biotit oder eisenreicheren Prochlorit), innen blaugrün.

Optisch positiv erweisen sich: P. vom Rauris, graugrünes lockerkörniges Aggregat wurmförmig gekrümmter Säulchen; optisches Verhalten wie des mimetischen Klinochlor vom Zillerthal; kleiner Axenwinkel. P. von Prägraten, kleine wurmförmige, oft auf Adular sitzende und von Biotit begleitete olivengrüne Säulchen; Axenwinkel über 30^0 und Mittellinie merklich schief. Aehnlich ist der

olivengrüne, lockerkörnige, Albit einschliessende P. aus der Fusch im Pinzgau; Axenwinkel 23°, Axenebene senkrecht zur Seite der Blättchen, Schiefe der Mittellinie 2°, Dispersion $\varrho < v$; Schwingungen $\parallel c$ gelblichgrün; $\perp c$ bräunlich. Schwarzgrüne fächerförmige Aggregate, mit Muscovit, von Slatoust, unterscheiden sich nur durch etwas grösseren Axenwinkel und grössere Schiefe der Mittellinie. Die letzteren verhalten sich also wie Klinochlor vom Zillerthal und Korundophilit. Auch Websky's Grochauit gehört hierher. Ein erdiger Chlorit vom St. Gotthard zeigte dagegen das optische Verhalten des Klinochlor vom Typus Achmatowsk.

Serpentin. Dichter Chlorit (Pseudophit) und Serpentin sind bekanntlich nicht zu unterscheiden, Serpentin von feinschuppiger Textur dem Pennin und Klinochlor von demselben Gefüge sowohl äusserlich als auch mikroskopisch ungemein ähnlich. Im dichten S. zeigen sich unter dem Mikroskop häufig Blättchen ohne bestimmte Umrisse und Leistchen mit zwei scharf ausgebildeten Seitenflächen oder endlich feine Fasern; letztere (Chrysotil) kommen aber nicht nur in scharf gesonderten Schnüren vor, sondern es finden sich auch Uebergänge von dichten und blätterigen in dem Faser-Serpentin; besonders in dem S. von der Fusch in Salzburg konnte der Verf. beobachten, dass die schmalen Blättchen oder Leistchen, welche vorzugsweise die Masse des S. bilden, sich aus dieser in die Chrysotilschnüre fortsetzen und sich dort nicht von den theils haartheils ebenfalls leistenförmigen Nachbarn unterscheiden, welche nicht über die Breite der Schnüre hinausgehen. Leistchen und Fasern gehen auch in einander über und verhalten sich optisch durchweg gleich, negativ doppeltbrechend.

Die Blättchen und Leistchen des Serpentin sind schwach doppeltbrechende, optisch zweiaxige Krystalle mit vollkommener Spaltbarkeit nach der grössten Fläche; die Axe der grössten Elasticität ist senkrecht zur Spaltebene, die der kleinsten, die Mittellinie, parallel der Längsrichtung; $2E$ von 16° bis 98° schwankend; Dispersion $\varrho > v$. Im Antigorit, welcher ebenfalls als optisch negativ angegeben wird, scheinen die Serpentinblättchen parallel angeordnet zu sein. Optisch verhalten sich also die Krystalle der blättrigen Serpentine genau so, wie die negativ zweiaxigen Penninkrystalle mit variablem Axenwinkel, welche in negativ einaxigen Pennin übergehen. In manchen derselben sieht man im pol. Lichte eine netzförmige Zeichnung, deren Elemente an Serpentinleistchen erinnern.

Diese Aehnlichkeiten lassen Uebergänge zwischen Serpentin und Pennin als möglich erscheinen. So zeigt der Serpentinschiefer von Sprechenstein bei Sterzing als Hauptmasse ein blassgrünes chloritähnliches Mineral, Blättchen und Leisten, dicker als beim Serpentin, mit vollkommener Spaltbarkeit und schwacher negativer Doppelbrechung; kleinste Elasticität senkrecht zur Spaltungsebene, Axenwinkel häufig 20°, oft aber weit grösser; Dispersion $\varrho > v$. Nach Hussak ist die Zusammensetzung des mit Thoulet'scher Lösung isolirten Minerals zwischen der des Serpentins und Pennins (4% Al_2O_3).

Die Fasern des Chrysotil sind negativ (grösste Elasticität parallel der Faserung), wie die Serpentinleisten, haben aber grösseren Axenwinkel; dagegen ist der Metaxit und Chrysotil von Reichenstein positiv und giebt in Schnitten senkrecht zur Faserung Axenbilder. Das Variiren des Axenwinkels hängt möglicherweise mit dem Eisengehalt zusammen.

Parallele Verwachsung von Chlorit und Biotit. G. Rose beobachtete bereits eine solche von Magnet Cove. Der Verf. fand folgende drei Fälle:

Auf einem Gemenge von Amphibol und Biotit von St. Marcel neben Magnetitdodekaëdern erscheinen: olivengrüner Klinochlor in kleinen, dicken, 6- oder

12seitigen Tafeln, deren Axenebene parallel einer Schlaglinie, $2E = 40^0$ ca., positive Mittellinie merklich schief, Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze mit geraden oder gekrümmten vom Centrum ausgehenden Grenzen — daneben brauner Phlogopit, tafelförmig nach (010) und verlängert nach der Kante [001.010], negativ einaxig, stellenweise Oeffnung des Kreuzes ‖ (010), d. i. parallel einer Schlaglinie. Aus einigen Klinochlorkrystallen ragen die des Phl. mauerartig hervor, meist sieht man aber die Verwachsung in Spaltblättchen des ersteren, indem langgestreckte sechsseitige Blättchen nach den drei Schlaglinien des Klinochlor eingelagert sind; Schlagfigur und optische Axenebene sind gleich orientirt; beide Mineralien sind daher krystallographisch parallel verwachsen und beide bilden Drillinge nach dem Glimmergesetze.

Grosse sechsseitige Tafeln eines Klinochlor von Kariaet in Grönland, dunkel smaragdgrün mit den normalen optischen Eigenschaften des K. von Westchester, $2E = 85^0$, und mit Zwillingsbildung nach dem Glimmergesetze, sind am Rande braun gefärbt und enthalten auch im Inneren rothbraune Streifen und Flecken, welche sich als negativ einaxiger Phlogopit erwiesen, dessen Schlagfigur parallel der des K.; hellere Stellen desselben zeigten ein verwaschenes Kreuz oder Zweiaxigkeit bis 20^0 mit der Orientirung des Anomit. Da, wo das Grün in Braun übergeht, beobachtet man Axenwinkel von 20^0—37^0 in derselben Ebene, wie im benachbarten reinen Klinochlor, die positive Mittellinie anscheinend senkrecht zu c; Dispersion $\varrho > v$ (entgegengesetzt dem K.), nur an der beim K. stärker dispergirten Axe wahrnehmbar, manchmal auch ein gestörtes Axenbild, stets aber unvollkommene Auslöschung. Zugleich beobachtet man in parallelem Lichte, dass das durch die Drillingsbildung nach dem Glimmergesetze im Klinochlor hervorgebrachte Gewebe von Streifen und Zwickeln, in denen Stellen vollkommener und unvollkommener Auslöschung wechseln, sich in jene Uebergänge ungestört fortsetzt. Diese müssen also Klinochlor und Phlogopit enthalten, und da, wo eine einheitliche Interferenzfigur auftritt, in gleichförmiger Uebereinanderlagerung dünne Blättchen beider Mineralien. Es würde dann eine geringere Menge beigemengten Phlogopits die optische Orientirung des Klinochlor unverändert lassen, jedoch den Axenwinkel und die Schiefe der Mittellinie verringern, sowie die Dispersion in der angegebenen Weise verändern, eine stärkere Beimengung von P. negativen Charakter und abnorme Lage der Axenebene ⊥ (010) mit kleinem Axenwinkel und verschwindender Dispersion hervorbringen, während die schwächere Doppelbrechung der helleren Phlogopitpartieen durch eine geringe Beimischung des positiven K. zu dem negativen P. zu erklären wäre.

Ein braunschwarzes grosskörniges Mineral von Zermatt, mit feinkörnigem grünen Prochlorit, weissem Diopsid und Turmalin, lieferte Spaltungsplatten, welche in auf einander folgenden Schichten aus lauchgrünem negativen Pennin mit verwaschenem Kreuz und aus rothbraunem negativen Phlogopit mit scharfem schwarzen Kreuz und Farbenringen zusammengesetzt sind. Die grösseren Körner lieferten Platten, deren Mitte aus rothbraunem Phlogopit besteht; nach dem Rande geht die Farbe in Grün über, während das scharfe Kreuz breiter wird und die Farbenringe sich erweitern und verschwinden; endlich besteht der Rand aus einem lauchgrünen Pennin, der nur das verwaschene Kreuz zeigt.

Aus diesen Beobachtungen wird es wahrscheinlich, dass auch die an Pennin, besonders vom Zillerthale, beobachteten Stellen mit starker Doppelbrechung Phlogopit enthalten, und dass auch die braunen Schichten des Prochlorit vom Floitenthale hierher gehören.

Endlich ist eine Beimengung von Phlogopit auch anzunehmen bei dem

Tabergit von Taberg in Wermland, welcher im Wesentlichen aus normalem Klinochlor und theils positivem, theils negativem Pennin besteht, in letzterem aber nicht nur Stellen enthält, welche ein scharfes Kreuz mit dem ersten Ringe zeigen, sondern auch solche von bräunlicher Farbe, welche genau dieselbe Interferenzfigur liefern, wie die Mischung von vorwiegendem Klinochlor mit Phlogopit von Kariaet. Diese Partien sind leichter spaltbar und weniger biegsam als der reine Klinochlor.

Die vorstehend beschriebenen Chlorite bilden insofern eine Reihe, als die rhomboëdrische Ausbildung am vollkommensten ist im Pennin und im Verlauf der Reihe mehr der monoklinen weicht; P. und die näher stehenden Formen des Klinochlor zeigen nur Flächen, welche sich auf ein rhomboëdrisches resp. rechtwinkliges Axensystem beziehen lassen, während am Typus Achmatowsk solche vorherrschen, welche nur für monokline Elemente einfache Indices liefern. Auch in optischer Beziehung ergiebt sich eine gewisse, der chemischen Zusammensetzung entsprechende Reihenfolge, besonders im Axenwinkel. Die Verschiedenheiten der positiven und negativen Pennine sprechen dafür, dass in diesen wenigstens zwei monokline, isomorphe Substanzen enthalten sind, deren eine — mit Disp. $\varrho > v$, die andere + mit $\varrho < v$. Im Pennin überwiegt die eine oder die andere, in den übrigen Chloriten herrscht der Einfluss der zweiten Substanz vor. Die erstere ist wahrscheinlich identisch mit Serpentin, wofür ausser den bereits besprochenen Aehnlichkeiten auch die Brechungsexponenten sprechen; nach M.-Lévy und Lacroix sind diese:

	α	β	γ
Serpentin (Antigorit)	$\alpha = 1,560$	$\beta = 1,570$	$\gamma = 1,571$
Pennin von Zermatt	1,576	1,579	1,579
Klinochlor vom Ural	1,585	1,588	1,596

Hiernach verhält sich der Pennin optisch wie eine Mischung von fast genau gleichen Theilen Serpentin und Klinochlor, was mit den Ergebnissen der chemischen Analyse übereinstimmt.

Zwischen Klinochlor, Prochlorit (Ripidolith) und Korundophilit besteht kein wesentlicher Unterschied; alle sind positiv mit grösserem oder kleinerem Axenwinkel, manchmal einaxig. Die geringere Doppelbrechung einzelner Prochlorite ist auf deren hohen Eisengehalt zurückzuführen, indem die beigemischte negative Substanz dann durch ihre höhere Doppelbrechung energischer wirkt. Die seltenen chromhaltigen Chlorite, Kämmererit und Kotschubeyit, unterscheiden sich vom Pennin und Klinochlor nur durch Farbe und Pleochroismus.

An derben Chloriten der Hauptreihe wurden ferner noch folgende Beobachtungen angestellt:

Pennin aus dem Pfitschthal, körniges Aggregat rauher Krystalle in Calcit; schwach doppeltbrechend, — einaxig; Pleochr. lauchgrün und gelb; keine Zwillingsbildung bemerkbar.

Penninschiefer aus dem Zillerthal; blassgrün, feinschuppige Grundmasse, im Dünnschliffe kaum wahrnehmbar + doppeltbrechend, Dichr. schwach gelblich und grünlich, dickere Schliffe sind theils +, theils —; durch stärkere Doppelbrechung treten hervor Blättchen von Klinochlor und Körnchen von Diopsid; eingelagerte kleine, aus Pennin bestehende säulenförmige Pseudomorphosen enthalten Körnchen von Magnetit.

Klinochlor von Zöptau in Mähren, hell lauchgrün, körnig mit oft fächerförmiger Anordnung der Blättchen. Schnitte senkrecht zur Spaltungsebene zeigen

lamellare Zwillingsbildung in Folge der merklichen Schiefe der übrigens gekrümmten Blättchen; Axenwinkel über 60°, stellenweise fast Einaxigkeit mit unvollkommener Auslöschung; Dichr. lauchgrün und gelb.

Klinochlor von Felling in Niederösterreich; hell lauchgrün, grob- bis feinkörnig; Zwillingslamellen wie vor., Auslöschungsschiefe 6°, Axenwinkel gross, Dichr. blass lauchgrün und gelbgrün.

Klinochlor (oder Prochlorit*)) aus dem Zillerthal; fast schwarz, deutlich körnig, Axenwinkel gross, Dichr. dunkelgrün und braungelb; enthält Oktaëder von Magnetit.

Chloritschiefer von Zöptau in Mähren; dunkelgrün bis graugrün, grob gefältelt, mit Oktaëdern von Magnetit; + zweiaxig, Axenwinkel bis 22°, Dichr. grün und gelb: Klinochlor.

Chloritschiefer aus dem Zillerthal mit Magnetitoktaëdern; Schüppchen von Klinochlor, + mit kleinem Axenwinkel, stellenweise feine Zwillingsblättchen, auch finden sich serpentinähnliche Gewebe schmaler Leistchen. Eingelagerte Pseudomorphosen von feinkörnigem Klinochlor, wahrscheinlich nach Hornblende und Plagioklas.

Chloritschiefer aus dem Zillerthal mit Rhomboëdern von Breunnerit; schwächer doppeltbrechender graugrüner Klinochlor, dem mimetischen K. genähert; dicke Blättchen, + mit ziemlich kleinem Axenwinkel, in manchen Schnitten Aufbau aus Zwillingslamellen, stellenweise fächerförmig; hier und da Blättchen von Biotit (Phlogopit?) mit dem Klinochlor parallel verwachsen.

Chloritschiefer aus dem Habachthale in Salzburg, mit Magnetitoktaëdern; dunkelgrüner schuppiger Klinochlor, + mit meist grossem Axenwinkel, Dichr. olivengrün und gelb.

Chloritschiefer vom Baikalsee, mit Körnern von Moroxit und Oktaëdern von Magnetit; lauch- bis graugüner Klinochlor, blätterig bis feinschuppig, + Axenwinkel bis 48°, Dichr. lauchgrün und gelb.

Die meisten Chloritschiefer kann man als Klinochlorschiefer bezeichnen, Penninschiefer sind selten. Weitere Unterscheidung der optisch zweiaxigen Chlorite im Dünnschliffe nicht möglich.

Prochlorit von Prägraten in Tirol, dunkel- bis schwarzgrüne kleinkörnige Masse zwischen grossen Albitkrystallen; im Dünnschliff fächerförmige Anordnung der Blättchen und wurmförmig gekrümmte Säulchen; +, Axenw. bis 40°, Dichr. olivengrün und bräunlichgelb. In Schnitten senkrecht zur Spaltbarkeit deutliche Zwillingslamellen, deren Schwingungsrichtungen bis 10° differiren.

Prochlorit von Gastein, mit Ankerit und Anatas; dunkelgrün, körnig, aus wurmförmig gekrümmten Säulchen bestehend; + mit kleinem Axenw.

Prochlorit von der Schmittenhöhe bei Zell am See, graugrün, feinkörnig, mit Quarz und Calcit; vor. ähnlich; Dichr. olivengrün und gelb.

Da das ausschlaggebende Merkmal der dichten Prochlorite, die fächerförmige Anordnung der Blättchen und die wurmförmige Krümmung der Säulchen, in einem schieferigen Gestein zu Gunsten der parallelschuppigen Textur verloren geht, so sind Prochloritschiefer als solche nicht zu erkennen.

---

*) Ob ein stärker doppeltbrechender Chlorit zum Klinochlor oder zum Prochlorit und Korundophillit (Amesit ist optisch nicht genauer untersucht) gehört, lässt sich im Dünnschliff nicht bestimmen, denn die fächerförmige Anordnung kommt nicht nur beim Prochlorit, wo sie allerdings gewöhnlich ist, vor. Nach den bisherigen Erfahrungen sind Klinochlor und Prochlorit häufig, die beiden anderen Chlorite selten.

Leptochlorite.

Unter diesem Namen wird eine Anzahl ausser der Hauptreihe stehender Chlorite zusammengefasst, meist nur durch die chemische Zusammensetzung von den vorigen unterschieden. Deutliche Krystalle zeigt nur einer, der Cronstedtit; die anderen sind dicht, feinkörnig oder feinschuppig, nicht selten dünnstengelig-blätterig bei kleintraubiger oder krustenartiger Form. Gewöhnlich etwas härter und schwerer wegen höheren Eisengehaltes. Nahezu einaxig, meist negativ, nur zwei wurden positiv gefunden.

Daphnit, wegen der lorbeergrünen, oft fast kugeligen Aggregate, nennt Verf. einen als Ueberzug auf grossen Arsenkies- und Quarzkrystallen von Penzance in Cornwall beobachteten Chlorit; concentrisch-schalige und radialblätterige, untergeordnet dichte kleinkugelige Aggregate, sowie einzelne schwarzgrüne sechs- oder achtseitige Blättchen, wahrscheinlich monoklin (Zonen von (001) zu (110) (010) und (100)); Sprünge nach den beiden ersteren Zonen; mild, wenig biegsam; Spaltbarkeit nach (001) sehr vollkommen. Doppelbr. —, nahe einaxig; Dichr. olivengrün und gelb. V. d. Löthr. schmelzbar zu einer stahlgrauen Kugel; durch Salzsäure zersetzbar unter Abscheidung flockiger Kieselsäure.

Metachlorit vom Buchenberge bei Elbingerode bildet dunkel lauchgrüne, blätterig-stengelige Platten in grobkörnigem Calcit, welcher eine Gangfüllung in Schalstein darstellt und stellenweise von kleinen, wurmförmig gekrümmten Säulchen des Minerals ganz erfüllt ist; hierdurch und auch chemisch nähert es sich dem Prochlorit. Im Dünnschliff Trennungslinien nach drei Richtungen unter 120°; optisch negativ, schwarzes Kreuz auf blauem Grunde; Dichr. olivengrün und gelb.

Klementit von Vielsalm in Belgien; dunkel olivengrüne, blätterige bis schuppige Aggregate, mit Eisenglanz in körnigem Quarz; die Blättchen sechsseitig, wahrscheinlich monoklin, dem Klinochlor ähnlich; + zweiaxig mit kleinem Axenwinkel. Spec. Gew. 2,835. V. d. Löthr. blättert sich das Mineral und schmilzt nach dem Aufblähen zu einem dunkeln Glase. Das Pulver wird von Salzsäure zum Theil zersetzt unter Abscheidung flockiger Kieselsäure.

Thuringit von Schmiedefeld bei Saalfeld und vom Zirmsee in Kärnten; olivengrün bis schwarzgrün, schuppig oder körnig. U. d. Mikr. krumme sechsseitige Blättchen mit fächerförmiger Anordnung; — einaxig bis deutlich zweiaxig; Dichr. stark, olivengrün und gelb.

Cronstedtit, wegen seines hohen Eisengehaltes spröde, wenig biegsam und nur in den allerdünnsten Schichten durchsichtig, smaragdgrün, resp. braun oder braungelb; — einaxig. Die beiden beobachteten Rhomboëder R und $3R$ haben zu c die Neigung 75° 45′ und 85° 12′ (bei Pennin 75° 34′ und 85° 0′); die hemimorphe Ausbildung derselben entspricht derjenigen gewisser Drillinge des Klinochlor.

Rumpfit (s. S. 413) zeigt im Dünnschliff prochloritähnliche, gewundene Säulchen; die zuweilen sechsseitig begrenzten Blättchen daraus sind + einaxig bis deutlich zweiaxig (bis 10° Axenw.). Das von Magnesit und Talk begleitete grünlichweisse Mineral ist vielleicht ein Auslaugungsproduct eines eisenreicheren Chlorits, ähnlich dem Leuchtenbergit.

(Forts., die chemische Zusammensetzung der Chlorite enthaltend, folgt.)

Ref.: P. Groth.

XXII. Ueber den Einfluss der Lösungsgenossen auf die Krystallisation des Calciumcarbonates.

Theil I.

Von

Heinrich Vater in Tharand.

(Hierzu Taf. X.)

Um die näheren Umstände bei der Bildung der Minerallagerstätten zu erforschen, hat man bereits vielfach die Mineralsynthese anzuwenden versucht. Hierbei wurde vorausgesetzt, dass dieselben wesentlichen Umstände, unter denen es gelang, ein Mineral im Laboratorium herzustellen, auch in der Natur die Bildung des betreffenden Minerals herbeigeführt haben. Bekanntlich waren die auf diesem Wege erlangten Ergebnisse zum Theil derartig, dass sie mit einem gewissen Rechte gegen die Anwendung der Mineralsynthese zur Erklärung der Vorgänge in der Natur misstrauisch gemacht haben. Bei den bisherigen Discussionen von Mineralsynthesen ist häufig nicht genügend berücksichtigt worden, dass sich dieselbe Substanz auf sehr verschiedenen Wegen zu bilden vermag, und dass aus diesem Grunde aus einer einzelnen Synthese in der Regel nicht geschlossen werden kann, wie die betreffende Substanz an einem bestimmten Vorkommen entstanden ist. Trotzdem erscheint es recht wohl möglich, auf Grund von Mineralsynthesen die Vorgänge bei der Bildung der Minerallagerstätten exact zu ergründen.

Die Ausgangspunkte zur Erforschung ihrer Entstehung im concreten Falle liefern die beiden Eigenschaften der Mineralien, dass dieselben auf den verschiedenen Lagerstätten als Krystalle von verschiedenem Habitus und in verschiedener Vergesellschaftung auftreten. Wenn sich die Mineralsynthese das Ziel setzt, nicht nur mit den Mineralien identische Substanzen darzustellen, sondern die Entwickelung der letzteren in denselben Krystallgestalten, in denen die Mineralien in der Natur auftreten, herbeizuführen, so wird für jede einzelne Krystallgestalt eine weit geringere Anzahl von

Bildungsweisen gefunden, als für die betreffende Substanz im Allgemeinen, und werden zugleich die Bedingungen der Darstellungsweisen enger umgrenzt. Sind dann die Entstehungsbedingungen der Krystallgestalten einiger Mineralien derselben Lagerstätte ermittelt, so sind hierdurch auch die Bildungsverhältnisse der gesammten Lagerstätte gegeben: letztere ist unter jenen Umständen entstanden, welche als Bildungsbedingungen für jede der vorkommenden Krystallgestalten genügen. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, habe ich eine grössere Anzahl von Versuchen angestellt, von denen einige hier mitgetheilt werden mögen. Diese Versuche sollen noch nicht bestimmte natürliche Vorgänge nachahmen, sondern zunächst nur dasselbe Mineral in verschiedenen, krystallographisch bestimmbaren Formen entstehen lassen.

Unter denjenigen Factoren, welche die Krystallisation beeinflussen, scheinen die neben der auskrystallisirenden Substanz in demselben Lösungsmittel zugleich gelösten Substanzen besonders wirksam zu sein. Deshalb wurde versucht, eine nähere Kenntniss dieses Einflusses durch eine Reihe von Experimenten anzubahnen.

Bei der Beschreibung dieser Versuche empfand ich den Mangel einer Bezeichnung dafür, dass eine Substanz mit noch einer oder mehreren anderen Substanzen gleichzeitig in demselben Lösungsmittel gelöst ist. Es dürfte zweckmässig sein, dieses Verhältniss dadurch auszudrücken, dass die in demselben Lösungsmittel neben einander gelösten Substanzen mit »Lösungsgenossen« bezeichnet werden.

Da das Calciumcarbonat sich vor allen anderen mineralbildenden chemischen Verbindungen durch seinen Formenreichthum auszeichnet, so ist die Annahme berechtigt, dass das Calciumcarbonat besonders empfindlich auf die Umstände bei seiner Bildung reagirt und daher — wenigstens vom Standpunkte der Theorie aus — zu dem Studium dieser Erscheinungen besonders geeignet ist. Die weite Verbreitung des Kalkspathes in der Natur lässt ebenfalls die Wahl des Calciumcarbonates zu Krystallisationsversuchen rathsam erscheinen.

a. Uebersicht über die bisher angestellten Versuche.

Die Ursachen der Formverschiedenheiten des aus wässerigen Lösungen auskrystallisirten Calciumcarbonates sind schon wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen, und gehören einige der hierüber verfassten Abhandlungen zu den bekanntesten der mineralogischen Litteratur. Trotzdem dürfte ein Ueberblick über die bisherigen Veröffentlichungen unter besonderer Berücksichtigung der Ansichten der Autoren über den Einfluss der Lösungsgenossen nicht ganz überflüssig erscheinen.

Nachdem Klaproth i. J. 1788 durch chemische Analyse und Haüy

vor dem Jahre 1807 *) durch Umwandlung des Aragonits in Kalkspath bei schwacher Rothgluth die chemische Identität beider Mineralien nachgewiesen, glaubten Stromeyer und Hauy in dem von Ersterem i. J. 1813 nachgewiesenen Strontiumgehalt einiger Aragonite die Ursache der Entwickelung des Calciumcarbonates als Aragonit gefunden zu haben. Wenn auch die letztgenannten Autoren über die Wirkungsweise dieser Ursache Ansichten besassen, welche von den gegenwärtig anerkannten völlig abweichen, so lässt sich doch deren Vorstellung von der Bildung des Aragonits mittelst der von mir vorgeschlagenen Bezeichnungsweise dahin formuliren, dass nach derselben das Calciumcarbonat unter dem Einfluss des Strontiumcarbonates als Lösungsgenosse in der Form des Aragonits auskrystallisire. Diese Ansicht blieb längere Zeit herrschend.

Durch die Betrachtung der Bildung des Karlsbader Sprudelsteines kam G. Rose auf den Gedanken, den Einfluss der Temperatur auf die Krystallisation des Calciumcarbonates zu studiren. Zu diesem Zwecke liess Rose **) Lösungen von Calciumcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser theils bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft stehen, theils erhitzte er dieselben. Es stellte sich hierbei heraus, dass derartige Lösungen bei niedriger Temperatur nur Kalkspath auskrystallisiren lassen, während bei höherer Temperatur, besonders bei Siedehitze, Aragonit, untermengt mit Kalkspath, entsteht. Der Kalkspath tritt hierbei im Grundrhomboëder auf, welches nur hin und wieder mit dem sehr untergeordnet auftretenden basischen Pinakoid combinirt ist; der Aragonit bildet meist langprismatische, aber auch mitunter spitzpyramidale Krystalle. Auch durch Mischung kochender Lösungen mit Calciumchlorid und Ammoniumcarbonat erhielt Rose Aragonit, neben welchem sich jedoch wiederum je nach Umständen verschiedene Mengen von Kalkspath bildeten. In Bezug auf die Einwirkung des Strontiancarbonates schrieb Rose ***): ». . . . . Ferner folgt daraus, dass man die Entstehung des Aragonits nicht der geringen Menge von kohlensaurer Strontianerde, die der natürlich vorkommende Aragonit meistentheils enthält, zuschreiben kann, wie häufig geschehen ist. Dies folgt zwar schon daraus, dass es Aragonit giebt, der gar keine kohlensaure Strontianerde enthält, wird aber vollkommen dadurch bewiesen, dass man künstlich mit Leichtigkeit den Aragonit ganz ohne einen solchen Gehalt von Strontianerde darstellen kann. Ich habe absichtlich die Auflösung von Chlorcalcium mit einer kleinen Menge einer Auflösung von Chlorstrontium

---

*) Vergl. über die Priorität der Entdeckung der Umwandlung des Aragonits in Kalkspath durch schwache Rothgluth G. Rose, Ueber die heteromorphen Zustände der kohlensauren Kalkerde, Abh. d. Berl. Akad. 1856, S. 8, Note 1.

) G. Rose, Ueber die Bildung des Kalkspaths und des Aragonits. Pogg. Ann. 1837, **42, 353.

***) a. a. O. S. 364.

versetzt, aber bei der Fällung mit kohlensaurem Ammoniak bei der gewöhnlichen Temperatur nur Kalkspathkrystalle wahrnehmen können.«

Mit der Untersuchung von Niederschlägen, darunter auch solche von Calciumcarbonat, beschäftigte sich kurze Zeit später Harting*). Derselbe liess bei verschiedener Temperatur auf dem Objectträger des Mikroskopes Lösungen auf einander einwirken, welche durch Wechselzersetzung Calciumcarbonat entstehen liessen. Das ausgeschiedene Calciumcarbonat nimmt zunächst eine häutige oder dergleichen Beschaffenheit an und lagert sich dann zu kleinen Grundrhomboëdern des Kalkspathes, seltener zu Aragonitprismen um. Harting erhielt bei dem Experimentiren mit den von Rose angewendeten Salzen auch in der Siedehitze ausschliesslich Kalkspath, und glaubte aus seinen anderweitigen, mit verschiedenen Salzpaaren angestellten Versuchen schliessen zu müssen, dass nicht höhere Temperatur, sondern die Gegenwart von freier Kohlensäure die Bildung von Aragonit bedinge. Harting ging hierbei jedoch von der irrigen Voraussetzung aus, dass ein Tropfen kochender Lösung auf dem Objectträger des Mikroskopes, zu deren Herstellung Kaliumbicarbonat verwendet worden war, noch dieses Salz enthalte. Harting hatte vielmehr durch das Kochen der Lösung, ohne sich darüber Rechenschaft zu geben, das Bicarbonat in das Monocarbonat übergeführt. Aus diesem Grunde bestätigen Harting's Versuche nur, was bereits Rose angedeutet, dass die auf Aragonitbildung hinzielende Wirkung der höheren Temperatur im Allgemeinen durch die Gegenwart von Lösungsgenossen unter Umständen aufgehoben werden kann. Da Harting bei der Wechselzersetzung von Calciumchlorid mit Alkalicarbonat überhaupt keinen Aragonit erhielt, während bei der Wechselzersetzung von Calciumnitrat mit Alkalicarbonat bei höherer Temperatur diese Modification entstand, so geht aus Harting's Versuchen hervor, dass im Besonderen Calciumchlorid oder die Alkalichloride oder beides Substanzen sind, welche als Lösungsgenossen unter Umständen die sonst zur Aragonitbildung führende Wirkung der höheren Temperatur aufzuheben vermögen. — Den Einfluss des Strontiumcarbonates auf die Krystallisation des Calciumcarbonates hat Harting nicht untersucht.

In seinem grundlegenden »Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie« stellte G. Bischof i. J. 1851 auf Grund gewisser Vorkommen des Aragonits in der Natur im Gegensatz zu Rose's Ansicht die Behauptung auf, dass sich Aragonit auch bei niedriger Temperatur zu bilden vermöge**). Diese Behauptung wurde durch einen nahezu gleich-

*) P. Harting, Étude microscopique des précipités et de leurs métamorphoses etc. Bull. des sciences phys. et nat. de Néerlande. 1840, S. 287. Ueber zwei andere Abhandlungen von Harting vergl. Hermann Vogelsang, die Krystalliten. Bonn 1875, S. 79, Anm. 3.

**) a. a. O. 1. Aufl., 2, 1039.

zeitigen Versuch von Becquerel*) für einen besonderen Fall bestätigt. Der letztere Autor fand, dass eine Gypsplatte bei gewöhnlicher Temperatur durch eine Natriumbicarbonatlösung von 2° Baumé allmählich in Kalkspath umgewandelt wird, während eine ebensolche Lösung von 5—6° Baumé unter den gleichen Umständen zur Bildung von Aragonit führt.

Nunmehr nahm G. Rose seine Untersuchungen beziehungsweise Veröffentlichungen von Neuem auf**). Bei dieser zweiten Versuchsreihe stellte Rose die Calciumcarbonatkrystalle auf verschiedenem Wege dar. Zum Theil wurden wiederum Lösungen von Calciumcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser an der Luft stehen gelassen, bezw. erhitzt, zum Theil wurden derartige Lösungen in dicht verschlossenen Gefässen erhitzt, zum Theil wurde das Calciumcarbonat abermals durch Wechselzersetzung zweier gelöster Salze erzeugt, und letzterer Process jedoch in einigen Fällen durch Herbeiführung der Mischung der Lösungen durch Diffusion verlangsamt (s. S. 443), und schliesslich wurden Calciumhydroxydlösungen der Einwirkung der Kohlensäure der Luft ausgesetzt. Für die erste Darstellungsmethode fand Rose in näherer Ausführung seiner früheren Versuche, dass concentrirte Lösungen bei gewöhnlicher Temperatur an ihrer Oberfläche als dünne Salzhaut ausschliesslich Kalkspath ausscheiden, dass jedoch bei 30° C. Aragonit sich beizumengen beginnt, zwischen 30° und 70° C. Kalkspath noch vorwiegt, über 70° C. jedoch vorherrschend Aragonit entsteht. In Bezug auf die Concentration stellte Rose für die erste Darstellungsweise fest, dass bei gewöhnlicher Temperatur concentrirte und mässig verdünnte Lösungen Kalkspath, stark verdünnte Lösungen Aragonit ergeben. Eine Lösung von Calciumcarbonat scheidet daher, so lange sie concentrirt oder nur mässig verdünnt ist, Kalkspath ab. Ist jedoch durch diese Kalkspathabscheidung die Lösung hinreichend verdünnt, so bildet sich Aragonit, welcher zum Theil auf dem Kalkspath aufwächst. Die Ausscheidungen auf den Böden der Gefässe bei der ersten Darstellungsmethode sowie die Ausscheidungen, welche durch Anwendung der übrigen Methoden erhalten wurden, lassen, soweit sie nicht amorph sind, Abweichungen von der eben mitgetheilten Gesetzmässigkeit in der Weise erkennen, dass sich Calciumcarbonat in Gegenwart von viel freier Kohlensäure auch bei höherer Temperatur als Kalkspath abscheidet. Im Gegensatz zu Harting, dessen Schriften Rose nicht citirt, beweist der letztere Autor durch einwurfsfreie Versuche, dass die freie Kohlensäure als Lösungsgenosse die Bildung von Kalkspath begünstigt. Ausserdem geht aus Rose's Versuchen hervor, dass ein Ueber-

*) Compt. rend. 34, 573, citirt nach Liebig und H. Kopp's Jahresber. über die Fortschritte der etc. Chemie für 1852, S. 9.

**) G. Rose, Ueber die heteromorphen Zustände der kohlensauren Kalkerde. Abhandl. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1856, S. 1, und ebenda 1858, S. 63. Fernere Fortsetzungen: Monatsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1860, S. 365 u. 575.

schuss an freier Kohlensäure auf die entstehende Kalkspathform ohne Einfluss ist. In Gegenwart von überschüssiger freier Kohlensäure entstehen bei der Krystallisation durch Erhitzung der luftdicht eingeschlossenen Lösung in Abwesenheit anderer Lösungsgenossen nur Krystalle in der Form des Grundrhomboëders und Wachsthumsformen desselben, wie dies bei der Krystallisation durch Stehenlassen an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur der Fall ist.

Während Rose's Untersuchungen mehr die physikalischen Umstände bei der Krystallbildung berücksichtigten, wandte sich Hermann Credner*) ausschliesslich der Untersuchung des Einflusses der Lösungsgenossen zu. Er wurde hierzu durch die paragenetischen Verhältnisse der Kalkspathe von St. Andreasberg und vom Lake Superior, durch den Strontium- bezw. Bleigehalt einiger Aragonite sowie durch Becquerel's ebenerwähnten Versuch angeregt. Credner experimentirte mit Lösungen von Calciumcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser, welche an der Luft stehen gelassen wurden. Die Temperatur war ziemlich constant und überschritt 13° R. nicht. Die Concentration war beträchtlich, so dass die Lösungen für sich allein zunächst Kalkspath auskrystallisiren liessen. Credner fand, dass unter diesen Umständen geringe Zusätze von Alkalisilicaten den Flächenreichthum der Kalkspathkrystalle bedeutend erhöhen, während geringe Zusätze einer Lösung von Strontiumcarbonat, Gyps oder einem Bleisalz von Anfang an die Ausscheidung von Aragonit neben Kalkspath, oder von Aragonit allein bedingen. Von den auftretenden Krystallformen gestattete nur das Grundrhomboëder des Kalkspathes die Sicherstellung der Bestimmung durch Messung, bei den übrigen Formen war nur eine Bestimmung nach Augenschein möglich.

In dem Werke »Die Krystalliten« beschäftigt sich Vogelsang**) auch mit den Krystalliten des Calciumcarbonates, was diesen Autor zur Untersuchung von Calciumcarbonat-Niederschlägen veranlasste. Vogelsang experimentirte im Wesentlichen wie Harting. Die Frage nach der Ursache der Bildung der beiden Modificationen des Calciumcarbonates werden ebenfalls besprochen und gelangte Vogelsang zu folgenden Ergebnissen: »Sehr bald gelangte ich zu der Ueberzeugung, dass nicht einseitig der Temperaturunterschied als die Ursache jener Modificationen angesehen werden darf, sondern, wie bei niedriger, so speciell auch bei höherer Temperatur die Concentration und das Mischungsverhältniss der Lösungen eine Hauptrolle spielt«***). »Was den Einfluss fremder Salze betrifft, so habe

*) Hermann Credner, Ueber gewisse Ursachen der Krystallverschiedenheiten des kohlensauren Kalkes. Journ. f. prakt. Chem. 1870, **110**. 292.

**) Hermann Vogelsang, Die Krystalliten. Nach dem Tode des Verf. herausgegeben von Ferdinand Zirkel. Bonn 1875.

***) a. a. O. S. 92.

ich hierüber erst wenige Versuche angestellt; die Strontianerde scheint allerdings von merkbarem Einfluss auf die Gestaltung der Kalktheilchen zu sein, aber jedenfalls regiert auch sie nicht einseitig die rhombische Modification. Aus einer Lösung, welche kohlensauren Kalk und kohlensauren Strontian enthielt, habe ich ebenfalls keine deutlichen Aragonitkrystalle, weder bei niedriger, noch bei hoher Temperatur erhalten, doch wurde die Bildung longulitischer Aggregate durch den Strontian merkbar befördert« *).

Miron und Bruneau**) erhielten zum Theil radial gestellte rhomboëdrische Krystalle von Kalkspath, indem dieselben mit Luft stark verdünntes Ammoniakgas auf Flusswasser einwirken liessen.

Friedel und Sarasin***) führten gefälltes Calciumcarbonat (3 g) durch etwa 10stündiges Erhitzen im zugeschmolzenen Rohre auf 500° C. in 60—70 g Wasser unter Zusatz von Calciumchlorid in deutliche krystallinische Form über. Bei Anwendung von 5 g Calciumchlorid entstand ein krystallines Pulver von der Form $\varkappa\{10\bar{1}1\}R\,.\,\varkappa\{0001\}0R$, bei Anwendung von 20 g Calciumchlorid hingegen mehrere, nach der Axe c aneinander gereihte Grundrhomboëder.

Ganz ähnlich verfuhr L. Bourgeois†). Derselbe erhitzte 0,5 g gefälltes Calciumcarbonat mit einer Lösung von 2 g Ammoniumchlorid, bei anderen Versuchen von ebensoviel Ammoniumnitrat in 20 ccm Wasser im zugeschmolzenen Rohre 4- bis 5mal auf 150—180° C. und erhielt auf diese Weise bis 0,5 mm grosse Kalkspathkrystalle in der Form des Grundrhomboëders. Ferner fällte Bourgeois aus einer Calciumsalzlösung bei 140° C. Calciumcarbonat mittelst einer äquivalenten Menge Ammoniumcarbonat in folgender Weise: Das Calciumsalz und eine entsprechende Menge Harnstoff wurden in wässeriger Lösung im zugeschmolzenen Glasrohre einige Stunden auf die oben angegebene Temperatur erhitzt. Bei dieser über 100° C. betragenden Temperatur geht der Harnstoff unter Wasseraufnahme allmählich in Ammoniumcarbonat über. Durch die nunmehr stattfindende Wechselzersetzung entwickelte sich neben zierlichen Kalkspathgrundrhomboëdern, welche durch kleine anderweitige Rhomboëderflächen modificirt waren, Aragonit in langen Prismen. Die Verschiedenheit der beiden von Bourgeois erhaltenen Krystallisationen möchte ich durch die Einwirkung des zum Theil noch nicht umgewandelten Harnstoffs auf die beginnende

*) a. a. O. S. 102.

) Miron et Bruneau, Reproduction de la calcite et de la witherite. Compt. rend. 1882, **95, 182. Ausz. diese Zeitschr. **9**, 407.

***) Friedel et A. Sarasin, Cristallisation de la calcite en présence d'une solution de chlorure de calcium. Bull. soc. min. de Fr. 1885, **8**, 304. Ref. in dieser Zeitschr. **12**, 655.

†) L. Bourgeois, Nouveaux procédés de préparation des carbonates cristallisés. Compt. rend. 1886, **103**, 1088. Ref. diese Zeitschr. **13**, 426.

Krystallisation erklären. Mit dieser Annahme würde harmoniren, dass das sich mitunter im Harn der Kaninchen ausgeschieden vorfindende Calciumcarbonat ebenfalls die Aragonitform besitzt*).

Schliesslich hat M. Bauer**), und zwar unter den gleichen Verhältnissen wie Credner, Versuche mit verschiedenen Mengen eines Zusatzes von Baryumcarbonat angestellt, und ein den Credner'schen Angaben über den Einfluss des Strontiumcarbonates entsprechendes Ergebniss erhalten. Der Kalkspath bildete meist reine Grundrhomboëder, seltener Grundrhomboëder in Combination mit gering entwickeltem basischen Pinakoid. Der Aragonit zeigte Combinationen der Formen $\{110\}\infty P$, $\{010\}\infty\bar{P}\infty$, $\{011\}\breve{P}\infty$, $\{101\}\bar{P}\infty$, $\{111\}P$, $\{001\}0P$ und $\{100\}\infty\bar{P}\infty$, sowie anderweitiger Formen, welche jedoch nicht bestimmt werden konnten.

Wenn man versucht, die bisher beschriebenen Darstellungen der Calciumcarbonatkrystalle zu wiederholen, so findet man bald, dass die Krystallisation des Calciumcarbonates von zahlreichen und zum Theil geringfügig erscheinenden Umständen beeinflusst wird. So berichtet auch z. B. Vogelsang***): »Harting hat bereits darauf aufmerksam gemacht, dass es nicht gleichgültig ist, in welchem Gefäss man die Mischung vornimmt, und habe ich gleichfalls gefunden, dass dieselben Lösungen, bei derselben Temperatur in demselben Verhältnisse gemischt, im Reagirröhrchen reichlich Krystalliten, im flachen Porzellanschälchen fast nur Rhomboëder lieferten.« Es ist daher mitunter recht umständlich, die meist nicht durch bestimmte Gewichtsangaben und dergleichen, sondern nur ganz allgemein beschriebenen Bedingungen für das Gelingen der früheren Versuche wieder aufzufinden. Es erscheint daher bei krystallogenetischen Versuchen dringend geboten, die Versuchsverhältnisse ständig eingehend zu untersuchen und ziffernmässig mitzutheilen.

b. Die von Lösungsgenossen unbeeinflusste Form des aus kohlensäurehaltigem Wasser bei niedriger Temperatur krystallisirenden Kalkspathes. Versuch 1 und 2.

Rose, Credner und Bauer†), geben gleichmässig an, dass eine chemisch reine Lösung von Calciumcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser vorwiegend in reinen Grundrhomboëdern und Wachsthumsformen dessel-

---

*) Vergl. G. Rose, a. a. O. Abh. d. Berl. Akad. 1858, S. 101.

) Max Bauer, Beiträge zur Mineralogie. 12. Ueber eine Pseudomorphose von Aragonit nach Kalkspath. Neues Jahrb. f. Min., Geol. etc. 1890, 1, 12. Ausz. diese Zeitschr. **21, 144.

***) Vogelsang, a. a. O. S. 98.

†) Siehe die oben angeführte Literatur.

ben auskrystallisirt, zu welcher Form nur hin und wieder die Combination von Grundrhomboëder mit meist nur schwach entwickelter Basis tritt. Credner*) schliesst hieraus, ». . . . dass der kohlensaure Kalk aus chemisch reiner, gesättigter oder mässig verdünnter saurer Lösung bei gewöhnlicher Temperatur als Kalkspath und zwar in der Form des Grundrhomboëders . . . . krystallisirt«. In diesem Satze werden die kleinen Flächen des basischen Pinakoides, welche an einer geringen Minderheit der Individuen auftreten, vernachlässigt. Credner scheint dieselben stillschweigend dem Einflusse irgend eines, trotz aller Vorsicht in minimaler Menge gegenwärtigen Lösungsgenossen zuzuschreiben. In derselben Voraussetzung versuchte ich durch möglichst subtile Arbeit wirklich chemisch reine Lösung und somit eine Krystallisation von ausschliesslich reinen Grundrhomboëdern darzustellen.

Versuch 1. Zu diesem Versuche wurde eine Calciumcarbonatlösung mit 1,15 g $CaCO_3$ im Liter verwendet, welche aus feinst pulverisirtem isländischem Doppelspath bereitet worden war. Das zur Lösung dienende destillirte Wasser enthielt im Liter 0,005 g getrockneten Rückstand. Zum Auskrystallisiren wurde die Lösung in eine sogenannte Krystallisirschale gegossen, in welcher dieselbe 22 mm hoch stand. An der Oberfläche des Wassers bildete sich eine zusammenhängende Decke von bis 0,06 mm grossen Grundrhomboëdern. Schon glaubte ich eine reine Krystallisation erzielt zu haben, als sich nach langem Suchen doch ein Paar Kryställchen mit dem basischen Pinakoide fanden. Auf dem Boden der Schale hatten sich nur bis 0,002 mm grosse Körnchen gebildet, an denen eine Krystallgestalt nicht erkannt werden konnte. Eine chemische Analyse des angewendeten isländischen Doppelspathes liess keinerlei fremde Beimengungen erkennen; doch schliesst dies nicht aus, dass vielleicht doch Spuren fremder Beimengungen vorhanden sind.

Versuch 2. Nunmehr wurde eine 1,02 g im Liter enthaltende Lösung von Calciumcarbonat aus gefällten Calciumcarbonat dargestellt. Um das letztere chemisch rein zu erhalten, wurde die Methode der wiederholten fractionirten Fällung (von Calciumchlorid) angewendet, und das Product 10mal mit der 50- bis 100fachen Menge destillirten Wasser ausgekocht. Chlor liess sich bereits nach dem 6. Auskochen nicht mehr nachweisen. Die Lösung stand in der Krystallisirschale 50 mm hoch. Die Krystalle an der Oberfläche des Wassers wurden bis 0,08 mm gross und stellten ausschliesslich reine Rhomboëder dar. Hingegen die Krystalle auf dem Boden der Schale, welche bis 0,03 mm Durchmesser erreicht hatten, liessen neben den vorherrschenden reinen Grundrhomboëdern, wenn auch nur sehr selten, doch hin und wieder die Combination des Grundrhomboëders mit einem

*) a. a. O. S. 302.

steilen negativen Rhomboëder erkennen (s. S. 477). Da, wie die unten mitzutheilenden Versuche beweisen, unter anderen auch Calciumchlorid Combinationen von der Form $\{10\bar{1}1\}R. - \{0h\bar{h}l\}mR$ bedingt, so sind die eben erwähnten Krystalle wohl dadurch entstanden, dass trotz der angewandten Vorsicht noch eine Spur Calciumchlorid zugegen war *). Das basische Pinakoid ist bei diesen Krystallisationen nicht aufgetreten.

Wenn auch diese Versuche nicht zur Krystallisation von ausschliesslich reinen Grundrhomboëdern geführt haben, so lassen dieselben dennoch im Verein mit den bisherigen Versuchen die Annahme gerechtfertigt erscheinen, dass aus einer chemisch reinen Lösung unter den eben beschriebenen physikalischen Verhältnissen ausschliesslich Grundrhomboëder krystallisiren würden. Hieraus ist weiter zu folgern, dass, wenn unter den gleichen physikalischen Verhältnissen anderweite Krystallformen auftreten, dieselben durch die Verschiedenheit der betreffenden Lösung von der chemisch reinen Lösung, also durch die Lösungsgenossen bedingt werden.

c. Die Darstellung von Calciumcarbonatkrystallen unter Anwendung der Diffusion.

Die Untersuchung des Einflusses der Lösungsgenossen auf die Krystallisation erfordert, dass die sich bildenden Krystalle eine derartige Beschaffenheit zeigen, dass die Formen derselben exact bestimmt werden können. Verschiedene Versuche, durch Stehenlassen von Lösungen von Calciumcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser Krystalle von genügender Grösse und Güte zu erhalten, waren — es entstand ausschliesslich Kalkspath — gleich den Versuchen Credner's (s. S. 438) nicht von Erfolg begleitet. Nur das Grundrhomboëder war messbar. Daher wurde jene Krystalldarstellung durch Diffusion versucht, welche Drevermann **) angegeben hat.

Das Wesentliche der Krystalldarstellung durch Diffusion besteht darin, dass die Lösungen zweier leicht löslichen Salze, welche durch Wechselzersetzung eine sich ausscheidende schwerlösliche und eine gelöst bleibende leichtlösliche Substanz liefern, so langsam durch Diffusion zur Begegnung gebracht werden, dass die neu entstehende schwerlösliche Substanz sich krystallisirt auszuscheiden vermag. Der einzige Versuch dieser Art, den letztgenannter Autor (a. a. O. S. 36) näher beschreibt, ist folgender: »Gepulvertes salpetersaures Bleioxyd wurde auf den Boden eines längeren Glascylinders gebracht und dieses dann vorsichtig mit Wasser übergossen. Ein zweiter Cylinder von gleichen Dimensionen wurde ebenso mit neutra-

*) Während des Druckes dieser Abhandlung habe ich die Ursache des Eindringens einer Spur Salzsäure aufgefunden, und bin ich damit beschäftigt, den Versuch 2. zu wiederholen.

**) A. Drevermann, Ueber die Darstellung krystallisirter Mineralien auf nassem Wege etc. Ann. d. Chem. u. Pharm. 1854, 89, 11.

lem chromsauren Kali und Wasser gefüllt, und beide dann nebeneinander in ein grosses Becherglas gestellt. In dieses wurde so viel Wasser gegossen, dass die Cylinder reichlich überdeckt waren.« Indem sich beide Substanzen lösten und durch Diffusion den gesammten gebotenen Wasserraum gleichmässig zu erfüllen strebten, wirkten dieselben nach einiger Zeit auf einander ein und ging die Wechselzersetzung unter Ausscheidung eines amorphen Niederschlages und Bildung von Krystallen vor sich. Die letzteren sollen folgenden Mineralspecies entsprochen haben: Rothbleierz, Melanochroit, Weissbleierz und Bleivitriol. Die Bildung von Weissbleierz und Bleivitriol wird aus der Verunreinigung des angewandten Kaliumchromates mit Kaliumcarbonat und Schwefelsäure (wohl Kaliumsulfat) erklärt. Quantitative Analyse oder Krystallmessungen der identificirten Substanzen werden nicht angegeben.

Ausser Drevermann hat nur G. Rose*) (wie bereits oben angedeutet) Versuche in der eben beschriebenen Weise ausgeführt. Da Rose's Absicht nicht war, grosse, messbare Krystalle zu züchten, sondern die Ausscheidung des Calciumcarbonates aus Lösungen zu beobachten, welche nur Minima der Reagentien gelöst enthalten, so gab er die Reagentien — geglühtes Calciumchlorid und geglühtes Natriumcarbonat — in kleine Kölbchen, durch deren Hälse diese Salze nur äusserst langsam hinaus diffundiren konnten. Es bildeten sich dünne Krusten aus mikroskopischen Krystallen, welche bei sehr geringer Menge der Reagentien ausschliesslich aus Aragonit, bei etwas grösserer Menge aus Aragonit und Kalkspath bestanden.

Um die Anwendbarkeit dieser Darstellungsweise zur Züchtung grösserer Krystalle zu prüfen, verfuhr ich zunächst wie Drevermann angegeben hat, und wandte als Reagentien äquivalente Mengen von $CaCl_2 + 6$ aq und $K_2CO_3 + 1\frac{1}{2}$ aq in der Form von kleinen Krystallen bez. Krystallbruchstücken an. Es wurden deshalb die wasserhaltigen Salze gewählt, weil das geglühte Calciumchlorid stets mehr oder minder mit Calciumoxyd verunreinigt ist. Dieser Versuch missglückte jedoch vollständig. Die von den Reagentien theils umschlossene, theils denselben anhaftende Luft stieg während der rasch fortschreitenden Lösung als eine sehr grosse Anzahl Bläschen in die Höhe. Die hierdurch hervorgerufene Bewegung des Wassers brachte bereits wenige Minuten nach dem Ansetzen des Versuches die Lösungen beider Reagentien zur Mischung, wodurch eine beträchtliche Trübung entstand und sich rasch ein weisser Niederschlag bildete. Am vierten Tage war das $CaCl_2 + 6$ aq vollständig gelöst, wobei das Aufsteigen von Luftbläschen bis zur Vollendung der Lösung gedauert hatte. Nach zwanzig Tagen war nicht nur das $K_2CO_3 + 1\frac{1}{2}$ aq ebenfalls vollständig gelöst, sondern auch die Reaction vollendet. Es hatte sich nur Krystallmehl gebildet.

*) a. a. O. Monatsberichte etc. 1860, S. 575.

Um die Störung des Versuches durch das Aufsteigen von Luftblasen zu vermeiden, wurden bei einem zweiten Versuche die Reagentien als äquivalente Mengen enthaltende concentrirte Lösungen angewendet. Nach 4½ Stunden trat bereits eine Trübung ein, welche vom anderen Tage an zur Bildung eines Niederschlages führte. Nach zwanzig Tagen war die Reaction vollendet. Es war ebenfalls nur Krystallmehl entstanden.

Da Krystallisationen im Allgemeinen um so besser verlaufen, je leichter die krystallisirenden Substanzen löslich sind, wurde bei einem dritten Vorversuche an Stelle von reinem Wasser mit Kohlensäure gesättigtes Wasser angewendet und das Krystallisationsgefäss luftdicht zugedeckt. Nunmehr trat eine Trübung erst am dritten Tage ein, welche am vierten Tage zwar noch zunahm, hierbei jedoch ein Flimmern erkennen liess. Am sechsten Tage hatte sich die Lösung wieder völlig geklärt, und bedeckten sich die gesammten Glaswände mit einer Kruste von Krystallen, welche, als die Reaction nach zwanzig Tagen beendet war, bis ⅓ mm Grösse erreicht hatten, jedoch die denkbar schlechteste Entwickelung zeigten.

Zu gleicher Zeit war in der Absicht, die Möglichkeit der Krystallisation von $Ca[HCO_3]_2$ herbeizuführen, ein Versuch angestellt worden, bei welchem $CaCl_2$ und $2KHCO_3$ in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser bei Luftabschluss aufeinander einwirkten. Eine Trübung entstand hierbei gar nicht, vielmehr setzten sich am vierten Tage von einander entfernte kleinste Kryställchen an. Nach vier Monaten war die Reaction vollendet und zeigten die bis zu 1 mm Grösse herangewachsenen Krystalle z. Th. gut entwickelte Flächen. Die Krystalle veränderten sich jedoch beim Erhitzen nicht, waren hauptsächlich von den Flächen eines Rhomboëders umgrenzt und spalteten nach dieser Krystallform. Die drei zu demselben Pol gehörigen Kanten ergaben die Winkelwerthe: 74°49½′, 74°54½′, und 74°54½′. Das specifische Gewicht wurde an ausgesucht klaren Krystallen zu 2,712 gefunden. Es war demnach auf dem angegebenen Wege Kalkspath entstanden und eine Darstellungsweise gefunden, grössere messbare Calciumcarbonatkrystalle zu züchten.

Als Annäherung mag zunächst angenommen werden, dass unter den eben geschilderten Umständen die Krystallisation des Calciumcarbonates unter dem Einfluss der freien Kohlensäure sowie desjenigen Salzes vor sich geht, welches bei der Wechselzersetzung neben Calciumcarbonat entsteht, im vorliegenden Falle Kaliumchlorid. Die Reagentien sind daher so zu wählen, dass der Lösungsgenosse, dessen Einfluss neben demjenigen der constant gegenwärtigen freien Kohlensäure untersucht werden soll, durch die Wechselzersetzung entsteht. Soll der Genosse in grösserer Menge, als durch die Wechselzersetzung bedingt wird, in der Lösung zugegen sein, 'er sollen noch andere Substanzen einwirken, so sind die betreffenden ıbstanzmengen vor Beginn des Versuches in dem zu verwendenden Wasser

zu lösen. Für den besonderen Fall jedoch, dass der Lösungsgenosse sich der zu untersuchenden Substanz isomorph beizumischen vermag, empfiehlt es sich, denselben auf gleiche Weise, wie die letztere entstehen zu lassen, und daher den Reagentien entsprechende Zusätze hinzuzufügen. Dass die überschüssige freie Kohlensäure die Krystallisation nicht ändert, ist bereits oben S. 438 erwähnt worden.

Die Ausführung der Versuche.

Nach einigem Probiren hat sich folgende Ausführungsweise der Versuche als zweckmässig erwiesen. Als Krystallisirgefässe wurden flache cylindrische Schalen, sog. Krystallisirschalen benutzt. Dieselben hatten einen Hohlraum von 135 mm Durchmesser und 60 mm Höhe. In diese Schalen wurde je eine kleinere Schale von gleicher Gestalt und einem Hohlraum von 87 mm Durchmesser und 40 mm Höhe gestellt. (Siehe Taf. X Fig. 1.) Der obere Rand beider Schalen, welche als grosse und kleine Schale unterschieden werden mögen, war matt geschliffen. Die grossen Schalen erforderten zu ihrer die kleinen mit umfassenden Füllung je 750 ccm Flüssigkeit. Die Reinheit der angewandten Chemikalien wurde in jedem einzelnen Falle nachgewiesen. Chemikalien mit schwankendem Wassergehalt wurden vor jeder Anwendung auf ihren Wassergehalt quantitativ untersucht. Um die unten beschriebenen [und anderweitige] Versuche soweit möglich bis in's Einzelne vergleichbar zu machen, wurden, sobald es ausführbar war, äquivalente Mengen verwendet. Die Reagentien — stets ein lösliches Calciumsalz und ein Alkalibicarbonat — wurden zu je $\frac{1}{5}$ Grammäquivalent in den Versuch eingeführt. Es bildeten sich deshalb $\frac{1}{5}$ Grammäquivalent Calciumcarbonat (vermindert um die geringe in Lösung bleibende Menge) und $\frac{1}{5}$ Grammäquivalent Lösungsgenosse. Da sich der letztere in 750 ccm auszubreiten hatte, so betrug die Concentration desselben nach Vollendung der Diffusion $\frac{4}{15}$ Grammäquivalent im Liter. Die Krystallisationen sind somit unter dem Einfluss einer mittleren Concentration von $\frac{2}{15}$ Grammäquivalent vor sich gegangen. Sollte der durch Wechselzersetzung entstehende Genosse in concentrirterer Form einwirken, so wurde als Concentrationsgrad 1 Grammäquivalent im Liter gewählt. Hierbei wurde jedoch die während des Versuchs entstandene Salzmenge mit ihrem Mittelwerthe, also mit $\frac{2}{15}$ Grammäquivalent angerechnet, also nur $\frac{13}{15}$ Grammäquivalent auf's Liter hinzugefügt. Die Menge der anderweiten Lösungsgenossen richtete sich nach deren Löslichkeit und anderen besonderen Verhältnissen.

Die Ausführung der Versuche wurde für den Fall, dass ausser der durch Wechselzersetzung aus dem Calciumcarbonat entstehende Substanzmenge noch andere, sich dem Calciumcarbonat nicht isomorph beimischende Substanzmengen zugegen sein sollten, mit der Auflösung derselben in 1 l destillirtem Wasser begonnen. Mittelst geringer Mengen dieser Lösungen

wurden dann concentrirte Lösungen der Reagentien hergestellt. Den Reagentien wurden hierbei — wenn solches überhaupt beabsichtigt war — die Zusätze für die Bildung der sich isomorph beimischenden Lösungsgenossen hinzugefügt. Wie viel Wasser, welches bereits eine oder mehrere Substanzen gelöst enthält, nothwendig ist, um eine gegebene Menge einer ferneren Substanz zu lösen, lässt sich bei dem Mangel einer weiter gehenden Einsicht der Wissenschaft in die hierbei massgebenden Verhältnisse nur durch Probiren feststellen. Für den Fall, dass keine sich nicht isomorph beimischenden Lösungsgenossen besonders hinzugefügt werden sollen, erfolgte die Auflösung der eventuell mit Zusätzen versehenen Reagentien ohne weiteres in möglichst wenig destillirtem Wasser. In beiden Fällen wurden hierauf die Lösungen der Reagentien sowie die übrig gebliebene Lösung der Genossen allein, bez. 1 l destillirtes Wasser mit Kohlensäure gesättigt. Die Einfüllung der hierdurch erhaltenen Lösungen in die Krystallisirgefässe geschah folgendermassen: Der mattgeschliffene obere Rand der grösseren Krystallisirschale wurde eingefettet, die Schale an jenen Ort gestellt, an welchem sie bei der Krystallisation verbleiben sollte, und die kleine Krystallisirschale in die grosse Schale mitten hineingestellt. Nunmehr wurde ausnahmslos die Calciumsalzlösung in die kleine und die Bicarbonatlösung in die grosse Schale gegossen, so dass die kleine Schale mit der Calciumsalzlösung unmittelbar in der Bicarbonatlösung stand. Die kohlensäuregesättigte Lösung des Genossen allein, bez. das nur kohlensäuregesättigte Wasser befand sich in einer wie eine Spritzflasche eingerichteten Flasche, deren Abflussrohr in einer feinen Spitze endigte und durch Kautschukverbindung so beweglich war, dass die feine Spitze an die Wände der jeweilig zu füllenden Krystallisirschale angelegt werden konnte. Mittelst dieser Vorrichtung wurde unter Anwendung des Druckes eines Kipp'schen Kohlensäureentwickelungsapparates erst die kleine Schale zum beginnenden Ueberlaufen gebracht und dann die grosse Schale so weit gefüllt, dass die Flüssigkeit ca. 10 mm über dem oberen Rande der kleinen und ca. 7 mm unter dem oberen Rande der grossen Schale stand. Nachdem schliesslich ein mässiger Strom Kohlensäure eine halbe Stunde lang nahe über der Oberfläche der Flüssigkeit in der grossen Schale austreten gelassen worden war, um die Luft aus dem ca. 7 mm hohen Raume dieser Schale möglichst zu verdrängen und durch Kohlensäure zu ersetzen, wurde vorsichtig von der Seite her die Krystallisirschale mittelst einer mattgeschliffenen Glasscheibe geschlossen. Ist die Aufstellung des Versuches geglückt, so liegen in beiden Schalen die je zwei Flüssigkeiten völlig unvermischt und scharf begrenzt über einander.

Diese Ausführungsweise ist bei allen unten beschriebenen Versuchen genau innegehalten worden, nur bei dem Versuch Nr. 14 gelangten statt $\frac{1}{5}$ Grammäquivalent der Reagentien $\frac{3}{5}$ Grammäquivalent zur Anwendung.

Die Temperatur des im Winter geheizten Zimmers, in welchem die Versuche aufgestellt waren, schwankte während der Krystallisation zwischen 10° und 25° C. *).

Verlauf der Krystallisation.

Während des gesammten Verlaufs der Krystallisation bleibt die Flüssigkeit vollkommen klar. Anfänglich können Veränderungen überhaupt nicht wahrgenommen werden. Nach ein bis zwei Tagen scheinen jedoch einige sich am oberen Rande der kleinen Schale anheftende Kohlensäurebläschen anzuzeigen, dass die Einwirkung der Reagentien auf einander beginnt. Da das Wasser bereits vorher mit Kohlensäure gesättigt worden ist, so vermag dasselbe die bei der Bildung des Calcium m o n o carbonates neu entstehende Kohlensäure nicht mehr aufzunehmen, und muss sich daher die letztere ausscheiden. Als nach Vollendung der Krystallisation die Schalen geöffnet wurden, fand sich stets ein schwacher Ueberdruck in denselben vor, ein Zeichen dafür, dass die Fettverschlüsse ausreichend dicht waren.

Wenn das Calciumcarbonat ein unter den vorliegenden Umständen in Wasser völlig unlöslicher Körper wäre, so müsste die Ausscheidung der Krystalle dieser Substanz gleichzeitig mit der Einwirkung der Reagentien aufeinander beginnen, und könnten sich die Krystalle n u r dort ausscheiden, wo sich die beiden gegen einander diffundirenden Lösungen einander begegnen, also auf oder wenigstens in der Nähe des Randes der kleinen Schale. Dieser Raum im Wasser, in welchem sich die Wechselzersetzung abspielt, möge Reactionsraum genannt werden. Anderweitige, von mir zur Darstellung von Schwerspath angestellte Versuche haben gezeigt, dass unter gewissen näheren Bedingungen bei der Bildung von Baryumsulfat die Krystallausscheidung in der That nur auf den in den Reactionsraum hereinragenden Glasflächen erfolgt. Bei der Bildung von Calciumcarbonat treten jedoch andere Erscheinungen ein.

Da das Calciumcarbonat in dem mit Kohlensäure gesättigten Wasser in einem gewissen Grade löslich ist, so bleibt die durch Wechselzersetzung entstehende Menge dieses Salzes zunächst so lange gelöst, bis in dem Reactionsraume die Flüssigkeit in Bezug auf Calciumcarbonat gesättigt ist. Erst dann vermögen sich daselbst Krystalle abzuscheiden, was am dritten bis fünften Tage nach Aufstellung des Versuchs seinen Anfang nimmt. Das in dem Reactionsraume durch Wechselzersetzung ständig neu entstehende und daher in diesem Raume eine ständig übersättigte Lösung bildende Calciumcarbonat verbleibt jedoch nicht ausschliesslich daselbst, sondern verbreitet sich durch Diffusion allmählich in der gesammten angewendeten Wassermenge, so dass, und zwar sehr bald nach dem Beginn der Krystallausscheidung im Reactionsraume, auch an anderen Orten der Schalen Kry-

*) Ein besonderes Zimmer für die Krystallisationen steht mir nicht zur Verfügung.

stalle entstehen. Hierdurch werden jedoch keineswegs die von dem Wasser bedeckten Flächen der kleinen und der grossen Schale sowie die Oberfläche des Wassers gleichmässig mit Krystallen besiedelt, sondern mit einer gewissen Gesetzmässigkeit entwickeln sich auf einigen Flächenräumen Krystalle, während andere Flächenräume frei bleiben (siehe Fig. 1). Die Ausbildungsweise derjenigen Krystalle, welche sich auf einem zusammenhängenden Flächenraume befinden, ist gleich, die Ausbildungsweise der Krystalle von verschiedenen Flächenräumen zeigen jedoch bald kleinere, bald grössere Verschiedenheiten von einander. Solche mit Krystallen bedeckter Flächenräume lassen sich vier unterscheiden, welche Krystallisationsräume genannt werden mögen.

Den Krystallisationsraum I bildet der Boden der kleinen Schale. Derselbe zeigt sich stets von einer sehr grossen Anzahl gleichmässig vertheilter, einzeln aufgewachsener Krystalle bedeckt. Dieselben sind meist klein, selten bis 1 mm lang und eventuell ebenso breit. Ihre Höhe*) ist sehr gering und erreicht höchstens den vierten Theil ihrer Länge. Die Flächenentwickelung ist derartig, dass die Krystallformen mittelst der unten angegebenen Methode bei einem Theile der Versuche bestimmt werden konnten. — Am Rande des Bodens, also nahe der Wand der kleinen Schale (Krystallisationsraum Ia) fanden sich bei einigen Versuchen besonders grosse, d. h. bis 2 mm grosse Krystalle, welche dem Boden lose auflagen und durch das Aufliegen eine vergleichweise nur geringe Verzerrung erlitten hatten, was sie sogar grösser als die Krystalle des zweiten Raumes erscheinen liess. Leider waren diese gewissermassen einen einreihigen Kranz bildenden Krystalle sämmtlich trübe und matt, dennoch konnten dieselben häufig gemessen werden. Es wird unten bei jedem Versuch besonders bemerkt werden, ob dergleichen Krystalle entstanden waren oder fehlten.

Das untere Drittel der inneren Wandfläche der kleinen Schale war ausnahmslos krystallfrei.

Die oberen zwei Drittel der inneren Wandfläche, der Rand und ein sehr schmaler Streifen unter dem Rande auf der äusseren Wandfläche der kleinen Schale bilden den Krystallisationsraum II. Die Krystalle desselben sind fest aufgewachsen und zeigen von allen die beste Entwickelung. Ihre Länge und Breite erreicht 2 mm und beträgt die Höhe*) etwa die Hälfte der anderen Dimensionen. [Bei Versuch Nr. 11, bei welchem die dreifachen der sonst angewandten Mengen auf einander einwirkten, haben die Krystalle bei zum Theil völlig abweichendem Habitus bis 4 mm Höhe erreicht.] Im Allgemeinen sind die Krystalle dieses Raumes einzeln aufgewachsen und stehen relativ weit, d. h. 2—6 mm auseinander, nur auf und an dem Rande der kleinen Schale schaaren sich die Krystalle zu einer nur ein Individuum

*) Mit »Höhe« wird hier die zur Fläche des Glases senkrechte Dimension bezeichnet.

mächtigen Kruste zusammen. Die Krystallformen dieses Krystallisationsraumes sind auf die unten angegebene Weise meist vollkommen bestimmbar.

Den Krystallisationsraum III bildet jener grössere centrale Theil der Oberfläche des Wassers, welcher sich vertical über der kleinen Schale, also über der Caliumsalzlösung, befindet bez. nur sehr wenig deren Umfang überragt. Hier war in allen Fällen eine auf der Oberfläche des Wassers schwimmende Haut entstanden, welche aus im Mittel etwa ¾ mm grossen, scharf ausgebildeten, mitunter vollkommen bestimmbaren Krystallen zusammengesetzt war und gewissermassen ein nur ein Individuum mächtiges zuckerkörniges Aggregat vorstellte. Unter der Krystallhaut befanden sich regelmässig einige Kohlensäureblasen.

Rings am Rande der grossen Schale, also über der Bicarbonatlösung, fanden sich auf der Oberfläche des Wassers niemals Krystalle.

Der Krystallisationsraum IV umfasst die Aussenfläche der kleinen Schale, soweit dieselbe nicht unmittelbar unter dem Rande der kleinen Schale zum zweiten Raume gehört, sowie die ursprünglich von der Bicarbonatlösung bedeckte Bodenfläche und die Wandfläche der grossen Schale. Der hierher gehörige Theil der Aussenfläche der kleinen Schale ist mitunter nahezu von Krystallen entblösst, meist jedoch von kleinen bis staubförmigen sehr schlecht entwickelten Krystallen besiedelt, deren Häufigkeit nach dem Boden zu sehr rasch beträchtlich abnimmt. Der Boden der grossen Schale ist völlig frei von grösseren Krystallen und weist höchstens eine sehr schlecht ausgebildete staubförmige Krystallisation auf. Eine eigenartige Ausnahme bietet der Versuch 14 (s. S. 462). Die Wand der äusseren Schale ist nahe dem Boden völlig oder nahezu krystallfrei, mehr nach oben werden die Krystalle zahlreicher und erreichen in der Höhe des Randes der kleinen Schale das Maximum ihrer Häufigkeit, indem sie hier in einigen Fällen sogar zu einer ein Individuum mächtigen Kruste zusammentreten. In noch höherem Niveau nimmt die Häufigkeit wieder ab. Die Grösse der Krystalle des vierten Raumes schwankt in gleichem Sinne wie die Massenhaftigkeit des Auftretens, übersteigt jedoch in der Regel ½ mm nicht. Die Bestimmung anderer Formen als des Grundrhomboëders gestatten diese Krystalle nur ausnahmsweise.

Es haben sich also bei weitem die meisten der grösseren und besser entwickelten Krystalle in und über jenem Raume abgeschieden, den ursprünglich die Calciumlösung einnahm, während der entsprechende Raum der Bicarbonatlösung in der Krystallentwickelung weit zurücksteht.

Die Beschaffenheit der Krystalle.

Die bei den Versuchen 2—14 erhaltenen Krystalle mit messbaren Winkeln sind sämmtlich Kalkspath. Ausserdem treten noch bei Versuch Nr. 14 im Krystallisationsraum IV sphärische Aggregate von Calciumcar-

bonat auf, welche weder die Kalkspathform, noch die Aragonitform zeigen (s. unten S. 471).

Die Kalkspathkrystalle sind im Allgemeinen nahezu vollkommen bis vollkommen durchsichtig und völlig farblos. Hierin nehmen nur die nicht bei allen Versuchen auftretenden besonders grossen Krystalle am Rande des Bodens der kleinen Schale (Krystallisationsraum Ia) eine Ausnahmestellung ein, indem dieselben sehr trübe und seltsamer Weise stets gelblich gefärbt sind. Die farblosen Kalkspathkrystalle des letzten Vorversuchs und der Versuche 2—13 sind einschlussfrei. Ueber die Krystalle von Versuch 14 vergleiche unten S. 464.

Es haben sich folgende Krystallformen entwickelt (vergl. auch die Tabellen auf S. 481 und auf S. 484): Das Grundrhomboëder für sich allein sowie in Combination mit je einem, bei den verschiedenen Krystallisationen verschieden steilen negativen Rhomboëder, auch negative Rhomboëder für sich allein, und in einem Falle ein steiles negatives Rhomboëder in Combination mit dem basischen Pinakoid (Versuch 14). Dem blossen Auge erscheinen auf den ersten Blick die Flächen der negativen Rhomboëder wegen ihres hohen Glanzes vorzüglich entwickelt. Trotzdem war eine Messung der Winkel der letzteren mit dem Reflexionsgoniometer nur in sehr beschränktem Maasse möglich. Der Grund hierfür liegt in dem Aufbau der Krystalle aus vielen Subindividuen. In Folge dieses Aufbaues zeigen die negativen Rhomboëder auf ihren Flächen eine »Zeichnung«, wie eine solche in Fig. 2 dargestellt worden ist. Auch Fig. 9 lässt diese Structur erkennen. Jede dieser Linien wird durch eine höchst geringfügige Erhöhung oder Vertiefung der gesammten an der betreffenden Linie liegenden Krystalloberfläche bedingt. Sämmtliche Flächen aller beobachteter negativer Rhomboëder zeigen, wenn auch in den Einzelheiten auf das Mannigfachste abgeändert, doch im Wesentlichen gleichmässig diese Ausbildung, und geben auf dem Reflexionsgoniometer kein Signal, höchstens Schimmer. Die auf den Flächen der negativen Rhomboëder ersichtlichen Linien, also die hervorragenden Kanten der Subindividuen, sind vielfach tadellos scharf, die eigentlichen Kanten der Gesammtform fast stets unregelmässig. Für den Fall, dass der Krystall das Grundrhomboëder entwickelt, geschieht dies in der Weise, dass die Subindividuen in den für den Gesammtkrystall einheitlichen Flächen dieser Form endigen. Wenn auch die Grundrhomboëderflächen dem blossen Auge matt erscheinen, so sind sie dennoch in der Regel gut entwickelt. Seltener sind die Grundrhomboëderflächen unregelmässig und lückenhaft, und zwar ausschliesslich dadurch, dass nicht alle Subindividuen das Niveau der Rhomboëderflächen erreichen. Doch selbst in letzterem Falle sind die Kanten mehr oder minder scharf, niemals krumm, und besitzen die Flächen meist einige vollkommen ebene Stellen, wie z. B. die in Fig. 3 dargestellte Fläche erkennen lässt. Aus diesem

Grunde geben die sehr zahlreichen darauf untersuchten Rhomboëderflächen mit einziger Ausnahme derjenigen der Krystalle des Versuches 13 sämmtlich ein Signalbild, welches recht häufig von tadelloser Beschaffenheit war. Das basische Pinakoid wird ebenfalls von Pinakoiden von Subindividuen zusammengesetzt, wie das in Fig. 4 abgebildete Beispiel erkennen lässt.

Die Fläche, mit welcher die Krystalle aufgewachsen waren, bez. auflagen, bez. sich der Oberfläche des Wassers gewissermassen angeheftet hatten, wechselte in den verschiedenen Krystallisationsräumen gleichmässig von Krystall zu Krystall. Die einzige Ausnahme hiervon wurde bei dem Versuch Nr. 11 (s. S. 458) aufgefunden. Die in Betrachtung stehende Fläche lag im Allgemeinen zu den an den Krystallen auftretenden Flächen schief, war mitunter jedoch einer Fläche des an dem betreffenden Krystall auftretenden steilen Rhomboëders oder auch einer Fläche des mit letzterem combinirten Grundrhomboëders nahezu oder völlig parallel. Krystalle mit rhomboëdrischem Habitus, deren *c*-Axe sich zur Ansatzfläche senkrecht gestellt hätte, wurden nicht aufgefunden. Mit Ausnahme des in dem letzten Satz Gesagten gilt das Gleiche auch für die Ansatzfläche derjenigen Krystalle, an welchen die Basis auftritt. Eine Abweichung liegt bei den letzteren nur insofern vor, als unter denselben, weil an Stelle des mit dem steilen Rhomboëder combinirten Grundrhomboëders die Basis getreten ist, Krystalle vorkommen, deren Ansatzfläche der als Krystallfläche auftretenden Basis parallel ist, und deren *c*-Axe somit zur Anwachsfläche senkrecht steht.

d. Die Methode der Bestimmung der negativen Rhomboëder.

Für die Messung mit dem Reflexionsgoniometer sind die negativen Rhomboëder der vorliegenden Krystalle ungeeignet, da die Flächen dieser Rhomboëder das Signal nicht als solches erkennbar spiegeln, und selbst die Schimmerreflexe derartig sind, dass es unmöglich erscheint, durch Erhöhung der Anzahl der Einzelmessungen zu einem befriedigenden Mittelwerthe zu gelangen. Hingegen laden die vielfach tadellos scharfen Kanten der Subindividuen dazu ein, die steilen Rhomboëder aus dem Winkel zu bestimmen, welchen die Rhomboëderkanten der Subindividuen auf den Rhomboëderflächen mit einander bilden, also aus den in der Fig. 3 leicht ersichtlichen Kantenwinkeln *). Die beiden Kanten, welche den zu messenden Winkel mit einander bilden, gehören im Allgemeinen zwei verschiedenen Subindividuen an. Der Parallellismus der Subindividuen untereinander wird jedoch durch die Schärfe der Signale, welche die ebenfalls

---

*) Vergl. wegen dieser Bezeichnungsweise Liebisch, geometr. Krystallographie, S. 305.

von den Subindividuen gebildeten Flächen des Grundrhomboëders geben, erwiesen.

Die Berechnung des Rhomboëdersymbols aus dem Kantenwinkel d bietet vor der Berechnung dieses Symbols aus dem Flächenwinkel δ der Rhomboëderkanten*) einen grossen Vortheil dar. Die zu bestimmenden Rhomboëder schwanken, wenn auch die im Vorliegenden noch nicht mitgetheilten Versuche berücksichtigt werden, hauptsächlich zwischen $\{04\bar{4}1\}$—$4R$ und $\{09\bar{9}1\}$—$9R$. Während nun Flächenwinkel δ für $4R$ und für $9R$ die Werthe

$$\delta_{4R} = 114^0\,10\tfrac{1}{2}' \quad \text{und} \quad \delta_{9R} = 118^0\,46'$$

besitzen, und somit im Mittel bereits einer Winkeldifferenz von

$$\frac{118^0 46' - 114^0 10\tfrac{1}{2}'}{5} = 0^0\,55'$$

eine Aenderung des Parameters der c-Axe um eine Einheit entspricht, erhalten wir für die Kantenwinkel d die entsprechenden Werthe

$$d_{4R} = 46^0\,4\tfrac{3}{4}' \quad \text{und} \quad d_{9R} = 21^0\,55\tfrac{3}{8}'$$

sowie

$$\frac{46^0\,5\tfrac{1}{4}' - 21^0\,55\tfrac{3}{8}'}{5} = 4^0\,50'.$$

Hieraus folgt, dass bei gleicher Genauigkeit in der Winkelmessung die Messung des Kantenwinkels den Parameter der c-Axe reichlich fünfmal so genau ergiebt, wie die Messung des Flächenwinkels, oder umgekehrt, dass eine nur ein Fünftelmal so genaue Messung des Kantenwinkels den Parameter der c-Axe bereits reichlich so genau ergiebt, wie die Messung des Flächenwinkels.

Um all den misslichen Umständen, welche die Messung der Winkel von Kanten, welche sich am Krystalle selbst nicht schneiden, sehr erschweren, zu entgehen, wurde in folgender Weise verfahren: Die Krystalle der Räume I, II und IV wurden unter Anwendung einer dünnflüssigen Lösung von Gummi arabicum mit derjenigen Fläche, deren Kantenwinkel gemessen werden sollte, auf einen Objectträger geheftet, dessen Ober- und Unterseite sich als planparallel erwiesen hatten. Der Objectträger wurde dann in der Weise auf den Objecttisch eines Mikroskopes gelegt, dass der Krystall an der Unterseite des Objectträgers in dem für den Condensor bestimmten Raume hing. Bei genauer Einstellung des Mikroskopes auf die zu beobachtende Krystallfläche wurde nunmehr geprüft, ob alle Einzelheiten derselben gleich scharf erkennbar waren, mit anderen Worten, ob die zu beobachtende Krystallfläche zur Mikroskopaxe genau senkrecht lag. Etwa ein Fünftel der so vorgerichteten Krystalle genügte dieser Anforderung. Die Individuen der

*) S. die Note auf vor. Seite.

Krystallhaut sind zu klein, als dass dieselben in der eben beschriebenen Weise angeheftet werden könnten, doch ermöglicht bei denselben mitunter ein besonderer Umstand die Messung. Regelmässig hatten sich einige Individuen der Krystallhaut mit einer Fläche von $-mR$ an die Wasseroberfläche angeheftet. Legt man die Krystallhaut so auf den Objectträger, dass die natürliche Oberseite zu unterst liegt, so erblickt man die in einigen Fällen gut ausgebildete Gegenfläche der ebenerwähnten Krystallflächen in der gewünschten Lage. Ein auf das Ocular aufgesetzter Zeichenapparat projicirte die auf eine der beiden Arten eingestellte Krystallfläche auf eine kleine Zeichentafel, welche in der meiner 120 mm betragenden Sehweite entsprechenden Entfernung von dem Zeichenapparate auf sehr stabiler Unterlage ruhte. Die Zeichentafel war dem auf den Beobachter zukommenden Faden des Ocularfadenkreuzes parallel gerichtet. Die Neigung der Tafel zum Mikroskope hin wurde durch sorgfältige Versuche in der Weise festgelegt, dass auf der Zeichenebene die Projectionen beider Fäden des Ocularfadenkreuzes genau gleich lang erschienen. Bei dieser Anordnung ist die Projection auf die Zeichenebene dem vom Auge des Beobachters mittelst des Mikroskopes wahrgenommenen Bilde des Gegenstandes congruent. Angewendet wurde ein Seibert'sches Mikroskop mit Objectiv II und Ocular II, was für mein Auge eine direct bestimmte 38,7fache Vergrösserung bedingte. Die Lage der zu messenden Kanten wurde auf der Zeichenebene durch je zwei feine Nadelstiche fixirt. Die Winkel zwischen den mit dem Lineal ausgezogenen Kantenlinien wurden mittelst eines in $\frac{1}{2}^0$ getheilten Transporteurs von 6 cm Radius gemessen und hierbei die $\frac{1}{8}^0$ abgeschätzt. Jeder der unten mitgetheilten Kantenwinkel ist, wenn nichts Anderes angegeben, das Mittel von 10 Bestimmungen, welche an 10 verschiedenen Krystallen vorgenommen worden sind. Die Abweichungen dieser auf $\frac{1}{10}^0$ abgerundeten Mittel von den unter der Annahme $c = 0,8543$ berechneten Werthe beträgt im Allgemeinen $0{,}^\circ3$ und weniger. Dem entspricht eine gleiche Genauigkeit der Bestimmung des Parameters der Axe c, wie wenn letzterer aus einem Flächenwinkel berechnet worden wäre, dessen Abweichung $3\frac{1}{2}'$ und weniger vom berechneten Werthe beträgt (vergl. d. vorige S.). Somit ordnet sich die eben beschriebene Methode in Bezug auf die Genauigkeit dem im Allgemeinen erreichbaren vollkommen ein.

e. Die Versuche 3—14.

α) Versuche mit Lösungsgenossen, welche sich dem Calciumcarbonat nicht isomorph beizumischen vermögen.

Versuch 3. In der oben S. 445 näher beschriebenen Weise wurden Calciumcarbonatkrystalle durch Wechselzersetzung von Calciumchlorid und Kaliumbicarbonat ohne Hinzufügung eines ferneren Lösungsgenossen dar-

gestellt. Sämmtliche Krystalle waren Kalkspath und zeigten eine Combination derselben Formen: des Grundrhomboëders und eines steilen negativen Rhomboëders. Das Grundrhomboëder wurde durch Messung des Flächenwinkels (gefunden 74° 54′ und 74° 52′) und durch Anspalten bestimmt. Das negative Rhomboëder steht in den beiden ersten Krystallisationsräumen mit dem Grundrhomboëder im Gleichgewicht (Fig. 5). Am Rande des ersten Krystallisationsraumes hatte sich ein Kranz besonders grosser Krystalle von dem gleichen Habitus entwickelt. An den Krystallen der beiden anderen Krystallisationsräume tritt das steile Rhomboëder sehr zurück (Fig. 7). Die Flächen der steilen Rhomboëder glänzen sehr stark, zeigen jedoch meist eine Beschaffenheit, von welcher Fig. 6 eine Vorstellung giebt. Die einzelnen Flächen erscheinen weniger regelmässig gestreift, als vielmehr unregelmässig gefeldert. Wegen dieser Flächenbeschaffenheit war sogar die Durchführung der oben unter c. angegebenen Messungsmethode nicht möglich. Von 25 Krystallen, welche nach langem Aussuchen mit der Lupe als vielleicht zur Messung mit dem Mikroskope geeignet erachtet wurden, waren nur 5 (scheinbar) brauchbar. Dieselben ergaben für *d* die Werthe $22\frac{1}{2}^0$, $25\frac{3}{4}^0$, $30\frac{1}{8}^0$, $33\frac{3}{4}^0$ und $40\frac{1}{8}^0$, welche Werthe bei den vorliegenden Verhältnissen völlig undiscutirbar sind, und nur das gemeinsam haben, dass sie sämmtlich unter $44^0\,44\frac{3}{4}'$, entsprechend $\frac{5}{2}R$ *) liegen.

Versuch 4. Dieser Versuch unterscheidet sich von Versuch 3 nur dadurch, dass die Menge des durch die Reaction entstehenden Kaliumchlorides durch Anwendung einer entsprechenden Lösung dieser Substanz in der auf S. 445 erörterten Weise auf 1 Grammäquivalent im Liter erhöht wurde. Die Krystallisation entsprach in allen Stücken den bei Versuch 3 beschriebenen, nur mit der Aenderung, dass die Flächen der negativen Rhomboëder hier noch schlechter entwickelt waren, als dort. Die wie bei Versuch 1 ausgesuchten 25 Krystalle lieferten nur 3 Werthe: $44\frac{1}{2}^0$, 46^0 und $56\frac{1}{4}^0$. Von letzteren lässt sich nur sagen, dass sie sämmtlich über $44^0\,44\frac{3}{4}'$, entsprechend $\frac{5}{2}R$, liegen.

Versuch 5. Bei diesem Versuche wurde in der oben beschriebenen Weise auf Calciumchlorid Natriumbicarbonat einwirken gelassen.

Die Krystallisation stimmt in der allgemeinen Formenentwickelung und der Flächenbeschaffenheit vollständig mit derjenigen des Versuches 4 überein. Nur die Krystalle am Rande des ersten Krystallisationsraumes sind etwas besser entwickelt und gestatteten einige Messungen. Die 10 für *d* erhaltenen Werthe schwankten zwischen $17\frac{1}{2}$ und $28\frac{1}{2}^0$ und ergaben im

---

*) Wegen der Einfachheit der zu beschreibenden Formen mag davon abgesehen werden, den für die rhomboëdrischen Krystalle übersichtlicheren Naumann'schen Symbolen ständig die Bravais'schen hinzuzufügen, und sei in Bezug auf letztere auf die Tabelle auf S. 484 verwiesen.

Mittel 24°,0. Um zu entscheiden, ob diese sehr beträchtlichen Verschiedenheiten der Werthe für d durch thatsächliche Verschiedenheit der Rhomboëder bedingt werden, oder ob vielleicht die Rhomboëder der Subindividuen identisch sind und nur die Krystallflächen durch nicht ganz parallele Verwachsung der Subindividuen verschieden verzerrte Ausbildung erlangt haben, wurden nicht nur die zwei zu messenden Rhomboëderkanten, sondern auch die beiden Combinationskanten $\{0h\bar{h}l\} - mR : \{10\bar{1}1\}R$ projicirt, und dann die beiden Halbirenden der beiden Winkel zwischen den gleichartigen Kanten construirt. Ersichtlicher Weise müssen bei normaler Flächenentwickelung diese beiden Halbirenden zusammenfallen oder wenigstens parallel laufen. Im vorliegenden Falle bildeten jedoch die Halbirungslinien Winkel bis zu 8° miteinander, was sehr beträchtliche Verkrüppelungen der Krystalle beweist. Die Winkel d der besseren Flächen näherten sich dem Mittel. Die einzige Fläche, welche der ebenerwähnten Bedingung für vollkommene Ausbildung völlig genügte, ergab $d = 24\frac{5}{8}°$, entsprechend $\pm 8R$ (d berechnet $= 24° 33\frac{1}{4}'$). Versuche, Krystalle auf dem Reflexionsgoniometer zu messen, hatten unerwarteter Weise einigen Erfolg. Ein Krystall ergab eine, wenn auch schlechte Schimmermessung für den Flächenwinkel der Randkanten des Rhomboëders zu $61\frac{1}{8}°$ gegen $61° 31\frac{1}{2}'$ für $\pm 8R$, ein anderer Krystall ergab für $-mR : R$ den Werth 53°, ein dritter für denselben Winkel $52\frac{1}{4}°$, im Mittel also $52\frac{5}{8}°$, gegen $52° 36\frac{1}{2}'$ für $-8R : R$. Die Bestimmung der Grundform wurde durch die Messung $\delta = 74° 56'$ und durch Spaltung bestätigt. Daher liegt die Combination $R . -8R$ im Gleichgewicht vor.

Versuch 6. Dieser Versuch liess Kalkspathkrystalle durch Diffusion von Calciumchlorid und Natriumbicarbonat in einer Lösung von 1 Grammäquivalent Natriumchlorid im Liter entstehen. Die Krystallisationsbedingungen unterscheiden sich von denjenigen von Versuch 5 nur durch höheren Gehalt der Lösung an Natriumchlorid.

Das Ergebniss entspricht in Bezug auf allgemeine Formenentwickelung und Flächenausbildung der Krystalle demjenigen von Versuch 3. Die Krystalle des zweiten Raumes sind jedoch bei vorliegendem Versuche gut messbar und ergeben ohne auffällige Abweichungen von Mittel $d = 32°,0$, entsprechend $\pm 6R$ (d berechnet $= 32° 11'$). Es ist daher hier die Combination $R \cdot -6R$ im Gleichgewicht zur Entwickelung gelangt. — Für die bis 0,55 mm grossen Krystalle des dritten Krystallisationsraumes wurden für d Werthe gefunden, welche zwischen $11\frac{1}{4}°$ und $27\frac{7}{8}°$ schwankten, was ersichtlich durch schlechte Flächenbeschaffenheit bedingt wurde. Jedenfalls zeigen aber diese Messungen, dass bei letzterwähnten Krystallen $d < 32° 11'$, also $m > 6$.

Versuch 7. Bei diesem Versuche wirkten Calciumnitrat und Kaliumbicarbonat ohne die Gegenwart eines anderweiten Salzes aufeinander ein.

Im ersten Krystallisationsraume hatten sich sowohl die nie fehlenden gleichmässig vertheilten kleineren Krystalle, als auch ein Kranz grösserer Krystalle am Rande des Bodens gebildet. Die kleineren Krystalle sind 0,2—0,8 mm lange reine steile Rhomboëder, deren centrirte Form der in Fig. 8 gezeichneten nahekommt. Die Subindividuen, welche diese Krystalle aufbauen, fügen sich in dem von den Randkanten umschlossenen Raume lückenlos zusammen. Nach den Polen zu lösen sich jedoch die Gesammtkrystalle in die Subindividuen auf, so dass nur noch die untersten Theile der Polkanten der Gesammtform zur Ausbildung gelangen, wie dies Fig. 9 darstellt. Aus diesem Grunde sind die Krystalle breiter, als dies bei normaler Ausbildung der Fall sein würde. Durch Spaltung wurde ermittelt, dass die Rhomboëder negativ sind und durch R nicht gerade abgestumpft werden, sondern eine viel steilere Form als $-2R$ besitzen. Eine Messung des Kantenwinkels war jedoch unmöglich, indem, ersichtlich durch Missbildung der Flächen bedingt, zwischen 26° und 37° schwankende Werthe für d erhalten wurden. — Die am Rande des Bodens liegenden bis 2 mm grossen gelblichen Krystalle zeigen den eben geschilderten Aufbau in noch ausgeprägterer Weise. Trotz ihres Aufbaues aus steilen Rhomboëdern zeigen dieselben eine gedrungene Gestalt. Die bereits oben S. 450 erwähnte Fig. 2 zeigt eine einzelne Fläche eines solchen Krystalls. Die Polkanten des Gesammtkrystalls werden durch einen breiten Streifen von Polen der Subindividuen vertreten. Diese Pole endigen zum kleinen Theile mit einer der Lage des Einzelindividuums zum Gesammtkrystall entsprechenden Fläche des Grundrhomboëders. Diese letzteren winzigen Flächen der Subindividuen vereinigen sich stellenweise zu kleinen Stückchen von Grundrhomboëderflächen des Gesammtindividuums. Dass diese an keinem Krystall in irgend welcher erheblichen Ausdehnung wohl ausgebildet angetroffenen Flächenstücke zu R gehören, sowie dass das Vorzeichen der steilen Rhomboëder negativ ist, wurde durch Spaltung ermittelt. Durch Prüfung sehr zahlreicher hierhergehöriger Krystalle gelang es, 9 Krystalle aufzufinden, welche trotz ihres Aufbaues gut messbar waren. Dieselben ergaben $d = 32\overset{\circ}{,}3$, entsprechend $\pm 6R$ (d berechnet $= 32° 11'$). Es ist demgemäss die Form der gelblichen Krystalle $-6R$, mit spurenweise entwickeltem R.

Die Krystalle des zweiten Krystallisationsraumes zeigen die Combination eines steilen Rhomboëders mit dem Grundrhomboëder. An den dem Boden zunächst entstandenen Krystallen weist R eine nur geringe Entwickelung auf (vergl. Fig. 10). Mit wachsender Entfernung vom Boden nimmt R jedoch an Grösse zu und auf dem Rande der kleinen Schale ist R mit dem steilen Rhomboëder flächengleich ausgebildet (Fig. 5). Die Spaltbarkeit und $d = 102\overset{\circ}{,}1$ (d berechnet $= 101° 55'$) erweisen die Richtigkeit der Bestimmung des Grundrhomboëders und des Vorzeichens des steilen Rhomboëders. Der Kantenwinkel des letzteren ergab sich zu $32\overset{\circ}{,}2$, wie-

derum $\pm 6R$ entsprechend (d berechnet $= 32^0\ 11'$). Diese Combination ist daher $-6R \cdot R$.

Die Individuen der Krystallhaut zeigen genau denselben Habitus wie die Krystalle auf dem Rande der kleinen Schale und die Messung ergab $d = 32{,}^{0}2$. Somit liegt auch hier die Combination $-6R \cdot R$ vor.

Die Krystalle im vierten Krystallisationsraume sind, wie regelmässig über der Bicarbonatlösung, klein und rauh. Sie zeigen ein steiles negatives Rhomboëder und mehr oder minder deutlich das Grundrhomboëder und sind unmessbar.

Versuch 8. Calciumnitrat und Kaliumbicarbonat wirkten in einer Grammäquivalentlösung von Kaliumnitrat aufeinander.

Die hierdurch erhaltene Krystallisation von Kalkspath zeigt genau die gleiche Formenentwickelung wie diejenige des Versuches 7, war jedoch etwas weniger gut ausgebildet. Die grossen gelblichen Krystalle aus dem ersten Krystallisationsraume und die Krystalle aus dem zweiten Krystallisationsraume liessen sich immerhin noch messen. Die ersteren Krystalle ergaben als Mittel von 10 Messungen $33{,}^{0}8$, die letzteren, etwas schlechter entwickelten Krystalle als Mittel von 20 Messungen $34{,}^{0}0$, welche Werthe auf das gleiche Rhomboëder schliessen lassen. Zu dem Gesammtmittel $d = 33{,}^{0}9$ gehört jedoch das Rhomboëder $\pm 5\frac{2}{3}R$. Das unmittelbare Rechnungsergebniss für $d = 33{,}^{0}9 = 33^0\ 54'$ ist $m = 5{,}668$. Die bei Versuch 7 erhaltenen steilen Rhomboëder sind daher $-5\frac{2}{3}R$.

Versuch 9. Durch Wechselzersetzung von Calciumnitrat und Natriumbicarbonat wurde ohne Hinzufügung eines ferneren Salzes eine Krystallisation hervorgerufen.

Der Habitus der hierbei entstandenen Krystalle ist genau gleich demjenigen bei Versuch 7. Die Flächenentwickelung ist noch etwas besser, wie bei letzterem Versuche, so dass d an den Krystallen sämmtlicher Krystallisationsräume bestimmt werden konnte. Bei der Uebereinstimmung des Habitus mit demjenigen bei Versuch 6 genügt hier die Angabe der Zahlenwerthe.

Die Krystalle auf dem Boden der kleinen Schale waren vergleichsweise mangelhaft entwickelt, und wurden daher 20 dergleichen gemessen. Dieselben ergaben im Mittel $d = 34{,}^{0}9$. An den grossen gelblichen Krystallen, den Krystallen des zweiten Krystallisationsraumes und an den ausnahmsweise ebenfalls messbaren Krystallen des vierten Raumes wurde d durch je 10 Messungen zu $34{,}^{0}6$, $34{,}^{0}9$ und $35{,}^{0}1$ gefunden. Das Mittel der bisher angegebenen Werthe ist $34{,}^{0}9$, entsprechend $\pm 5\frac{1}{2}R$ (d berechnet $= 34^0\ 50\frac{3}{4}'$). Die Krystallformen sind somit $-5\frac{1}{2}R$ (Fig. 8 und Fig. 9) und $-5\frac{1}{2}R \cdot R$ (Fig. 10, bez. ähnlich Fig. 5).

Nach dem Vorbilde von Versuch 5 erwartete ich in dem 3. Krystalli-

sationsraume ebenfalls die letztere Combination anzutreffen. Der Habitus der Krystalle entsprach der Erwartung vollkommen, allein für d wurde überraschender Weise als Mittel aus 10 genügend übereinstimmenden Messungen ein anderer Werth, und zwar 32°,3 gefunden. Es wurden daher noch zweimal je 10 Krystalle gemessen. Die zweiten 10 Krystalle waren zum Theil minder gut entwickelt, die dritten 10 hingegen wieder so gut, wie bei diesen Krystallisationen überhaupt möglich. Die Ergebnisse waren 32°,9 und 32°,1. Es hat daher das steile Rhomboëder der Krystalle der Krystallhaut sicher einen spitzeren Winkel, als die übrigen Krystalle. Zu dem Gesammtmittel $d = 32°,4$ gehört $\pm 6R$ (d berechnet $= 32° 11'$), was zu der Bestimmung der Combination als $-6R . R$ führt.

Versuch 10. Dieser Versuch liess Kalkspath durch Wechselzersetzung von Calciumnitrat und Natriumbicarbonat in einer Lösung von 1 Grammäquivalent Natriumnitrat im Liter entstehen.

Der Habitus der Krystalle war genau der gleiche wie bei Versuch 7, die Güte der Flächenentwickelung jedoch sehr viel geringer. Nur die Krystalle des zweiten Krystallisationsraumes waren eben messbar. d wurde zu 35°,2 gefunden, welcher Werth zu $\pm 5\frac{1}{2}R$ (d berechnet $= 34° 50\frac{3}{4}'$) oder einem etwas stumpferen Rhomboëder gehört.

Versuch 11. Der Versuch 3 wurde mit der Abänderung wiederholt, dass statt $\frac{1}{8}$ Grammäquivalent der Reagentien $\frac{3}{8}$ Grammäquivalent angewendet wurden. Hierdurch änderte sich gleichzeitig der Versuch in der Weise ab, dass der durch Wechselzersetzung entstehende Lösungsgenosse Kaliumchlorid statt in einer mittleren Concentration von $\frac{2}{15}$ Grammäquivalent in einer solchen von $\frac{6}{15}$ Grammäquivalent im Liter zugegen war.

Das Ergebnis dieses Versuches war keine Wiederholung der Krystallisation des Versuches 3 unter gleichmässiger Vergrösserung aller Individuen, sondern eine völlig verschiedene Bildung.

Der Boden der kleinen Schale war mit 0,1 mm grossen, stark glänzenden, tadellos entwickelten Kryställchen bedeckt. Dieselben zeigten ein vorherrschendes Rhomboëder, dessen Polkanten durch ein zurücktretendes Rhomboëder gerade abgestumpft waren. Die auf einen Objectträger gestreuten Kryställchen legten sich zum Theil zufällig derartig mit einer Fläche des vorherrschenden Rhomboëders auf, dass die der letzteren gegenüberliegende Fläche eine zur Messung mit dem Zeichenapparate günstige Orientirung erhielt. Trotz der Kleinheit der Krystalle liess sich wegen der Schärfe der Kanten der Winkel d messen, und wurde derselbe zu 75°,6 gefunden. Dieser Werth stimmt für die angegebenen Verhältnisse genügend genau überein mit $76° 10\frac{1}{2}'$, entsprechend den Rhomboëdern $\pm 2R$. Der gefundene Werth 75°,6 ergiebt unmittelbar $\pm 1{,}985R$. Spaltungsversuche hatten wegen der Kleinheit der Krystalle keinen Erfolg. Da in allen hier

mitgetheilten Versuchen das die Axe c in der Einheit schneidende Rhomboëder R ist, so ist vorliegende Combination wohl sicher $-2R \cdot R$. — Auf dem Boden der kleinen Schale nahe der Seitenwandung derselben aufliegende besonders grosse Krystalle haben sich bei diesem Versuche, im Gegensatze zu den Versuchen 3 und 4, nicht gebildet.

Der zweite Krystallisationsraum zeigt die nur bei diesem einzigen Versuche mit $\frac{3}{8}$ Grammäquivalent vorkommende Ausnahme von dem allgemeinen Verhalten, dass sich dieser Raum in drei Zonen mit Krystallen von verschiedener Ausbildung gliedert.

Die Krystalle der verticalen Wand haben die für diesen Raum übliche Grösse, sind ziemlich glänzend und zeigen ein vorherrschendes steiles Rhomboëder, dessen Polkanten von einem nur wenig zurücktretenden stumpfen Rhomboëder mit sich nach dem Pole zu verbreiternden Flächen abgestumpft werden. (Aehnlich Fig. 10.) Die steilen Rhomboëder der Krystalle der untersten Zone der mit Kalkspath besiedelten Wand (vom Boden aus gerechnet das dritte Sechstel der ganzen Höhe der Wand) besitzen den Winkel $d = 45{,}^{\circ}9$, entsprechend der Form $\pm 4R$ (d berechnet $= 46^{\circ}\,5\frac{1}{4}'$). Dass das abstumpfende Rhomboëder $\pm R$ ist, wurde durch die Messung $\delta = 74^{\circ}\,57'$ erwiesen. Spaltungsversuche ergaben für das letztere Rhomboëder das positive Vorzeichen. Somit ist die Combination $-4R \cdot R$. Bereits zwischen diesen Krystallen und von der Mitte der Höhe der Schale an ausschliesslich finden sich Krystalle vor, welche den gleichen Habitus aufweisen, deren steile Rhomboëder jedoch $d = 38{,}^{\circ}2$, entsprechend $\pm 5R$ (d berechnet $= 37^{\circ}\,59'$) erkennen liessen. Für das abstumpfende Rhomboëder ergab die Messung $\delta = 74^{\circ}\,53'$, und die Spaltbarkeit das positive Vorzeichen. Es ist demgemäss diese Combination $-5R \cdot R$. Uebergänge zwischen diesen beiden Formen scheinen im vorliegenden Falle nicht entstanden zu sein. In der Absicht, für jede der beiden Formen, wenn möglich, 10 Einzelwerthe zu ermitteln, wurde d an 22 Krystallen gemessen. Die Werthe für d waren keineswegs über ein gewisses Intervall gleichmässig vertheilt, sondern schaarten sich 12 Werthe merklich um $38{,}^{\circ}9$ Werthe um 46° und der Winkel d von einem Krystall aus der oberen Hälfte der Schale wurde zu $33\frac{1}{4}{}^{\circ}$ gefunden, was dem entsprechenden Werthe der Krystalle des III. Krystallisationsraumes nahe kommt.

Gänzlich abweichend von diesen Formen ist der Habitus der Krystalle, welche sich auf dem Rande der kleinen Schale gebildet haben. Dieselben sind bis 4 mm lang und sehen auf den ersten Blick wie steile Rhomboëder aus. (Vergl. Fig. 11.) Mit Ausnahme in der nächsten Nähe der nach oben wachsenden Ecke sind die Flächen und die Kanten unregelmässig stufig entwickelt. Die Flächen glänzen schwach, geben aber gute Signale. Abweichend von allen übrigen Krystallisationen der Versuche 3—14 sind diese Krystalle sämmtlich gleichartig in der aus Fig. 11 ersichtlichen Weise

aufgewachsen. Die nähere Untersuchung ergab, dass diese Krystalle eine Wachsthumsform des Grundrhomboëders darstellen, und dass dieselben mit einer Randecke nach oben gewachsen sind. An dem Pol des scheinbaren steilen Rhomboëders stossen zwei spitze und ein stumpfer Kantenwinkel (d) und somit ein spitzer und zwei stumpfe Flächenwinkel (δ) zusammen. Um diese Auffassung als richtig zu beweisen, wurde an einem dieser Krystalle an dem Ende, mit welchem derselbe aufgewachsen war, das Grundrhomboëder angespalten und die drei Zonen desselben der Reihe nach auf dem Reflexionsgoniometer eingestellt. Je zwei Flächen des scheinbaren steilen Rhomboëders lagen jedesmal ebenfalls in diesen Zonen und ergaben die gleichen Winkel δ, nämlich: $74^0 54'$ gegen $74^0 45'$, $105^0 7'$ gegen $105^0 12\frac{1}{2}'$ und $105^0 6\frac{1}{2}'$ gegen $105^0 14'$. — Andere Formen als das Grundrhomboëder konnten an diesen Krystallen nicht aufgefunden werden.

Die Individuen der Krystallhaut auf der Oberfläche des Wassers erreichen eine Grösse bis zu 0,8 mm, sind recht gut entwickelt, jedoch nur schwach glänzend. Sie zeigen ebenfalls eine Combination $-mR \cdot R$, in welcher $-mR$ steil ist und an Flächengrösse dem R etwa gleichsteht. In der oben S. 452 mitgetheilten Weise gelang es, den Winkel d zu bestimmen. Derselbe wurde $= 32^0{,}4$ gefunden, entsprechend dem Winkel von $\pm 6R$ (d berechnet $= 32^0 11'$). Die Krystalle der Haut sind demnach die Combination $-6R \cdot R$.

Die Krystalle des vierten Krystallisationsraumes zeigen die üblichen Grössenverhältnisse und ebenfalls die Combination $-mR \cdot R$. Der Versuch, d zu bestimmen, ergab, ersichtlich wegen des vollkommen unregelmässigen Aufbaues der Flächen, Werthe, welche zwischen 49^0 und 69^0 schwankten, so dass $-mR$ nicht näher bestimmt werden konnte, als $4 > m > 2$ (d berechnet $46^0 5\frac{1}{2}'$ und $76^0 10\frac{1}{2}'$).

Die in und über dem Raume, in welchem sich ursprünglich die Calciumchloridlösung befand, entwickelten Krystallisationen zeigen in zwei Beziehungen eine Regelmässigkeit: der Glanz der Krystalle nimmt vom ersten Krystallisationsraume nach dem dritten zu allmählich ab, während, abgesehen von den ganz abweichenden Krystallen auf dem Rande der kleinen Schale, der Parameter der c-Axe des mit dem Grundrhomboëder combinirten steilen Rhomboëders wächst, indem die Formen $-2R$, $-4R$, $-5R$ und $-6R$ der Reihe nach zur Beobachtung gelangten.

Versuch 12. Bei diesem Versuche wurde das Calciumcarbonat wie bei Versuch 3 durch Wechselzersetzung von Calciumchlorid und Kaliumbicarbonat gebildet. Als fernerer Lösungsgenosse wurde jedoch Gyps in der Menge hinzugefügt, dass sich $\frac{1}{10}$ g Gyps in 1 Liter Lösung befand.

Die hierdurch entstandene Substanz ist Kalkspath.

Auf dem Boden der kleinen Schale haben sich isolirte kleine reine Rhomboëder von $\frac{3}{4}$—$1\frac{1}{2}$ mm Länge gebildet. Die Randkanten derselben

sind einigermassen zur Messung von d geeignet, die Polkanten sind stark gekrümmt und die Pole in eine grosse Anzahl nahezu gleich hoch liegender Spitzen aufgelöst. (Vergl. Fig. 9.) Von 13 gemessenen [Rand-] Kantenwinkeln ergaben 10 nahezu übereinstimmende Werthe, deren Mittel $d = 38{,}^{\circ}5$ beträgt, während an drei Krystallen die völlig abweichenden, wohl nur durch Verzerrung bedingten Werthe $22\frac{1}{4}^{\circ}$, $32\frac{1}{8}^{\circ}$ und $43\frac{1}{8}^{\circ}$ ermittelt wurden. Der Werth $d = 38{,}^{\circ}5$ ergiebt unmittelbar $\pm 4{,}93R$, für $\pm 5R$ wird erhalten $d = 37^{\circ}\,59'$. Nach vielem Suchen fand sich ein Krystall, an welchem mittelst des Reflectionsgoniometer Schimmermessungen vorgenommen werden konnten. Als Mittel aus den Messungen von 5 Flächenwinkeln fand sich $\delta = 64{,}^{\circ}0$, während $\pm 5R$ $63^{\circ}\,50\frac{3}{4}'$ erfordern.! Durch Spaltung ergiebt sich das Vorzeichen negativ. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die Form $-5R$ vorliegt. — Besonders grosse Krystalle am Rande des Bodens der kleinen Schale hatten sich nicht gebildet.

Die Krystalle im zweiten Krystallisationsraume sind bis 2 mm gross, lassen nur wenig von einem Aufbau aus Subindividuen wahrnehmen, und zeigen ein steiles Rhomboëder in Combination mit dem sehr gut entwickelten Grundrhomboëder. In dem tiefsten Niveau des zweiten Krystallisationsraumes herrscht das steile Rhomboëder bedeutend vor (Habitus wie Fig. 10). Mit wachsender Entfernung vom Boden tritt das steile Rhomboëder mehr und mehr zurück, und ist auf dem Rande der inneren Schale nur noch mit dem Grundrhomboëder flächengleich entwickelt (Habitus wie Fig. 5). Die drei zu demselben Pole gehörigen Kanten eines Grundrhomboëders ergaben die Winkel $\delta = 74^{\circ}52'$, $74^{\circ}52'$ und $74^{\circ}46'$. Das positive Vorzeichen dieser Form wurde dadurch sicher gestellt, dass der Winkel zwischen einer Fläche derselben und einer nach Augenmaass parallelen Spaltfläche zu $179^{\circ}\,55'$ gefunden wurde. Die Messung von 12 Kantenwinkeln der steilen Rhomboëder ergab 10 nahezu übereinstimmende Werthe, welche den Mittelwerth $d = 32{,}^{\circ}3$ lieferten, und zwei, wahrscheinlich nur durch Verzerrung der Flächen bedingte Werthe $27\frac{1}{8}^{\circ}$ und 39°. Der Werth $d = 32{,}^{\circ}3$ lässt $\pm 6R$ erkennen (d berechnet $= 32^{\circ}\,11'$), so dass die Combination $-6R \cdot R$ vorliegt.

An den Krystallen des dritten und vierten Krystallisationsraumes herrscht das Grundrhomboëder meist bedeutend vor (Habitus wie Fig. 7), und ist das steile Rhomboëder derselben durchgängig unmessbar. Die Polkanten von R sind eigenthümlich rauh, jedoch ohne dass es zur Bildung von $-\frac{1}{2}R$ oder einer anderen Fläche gekommen wäre.

Versuch 13. Bei diesem Versuche ging die Bildung des Calciumcarbonates durch Wechselzersetzung von Calciumchlorid und Natriumbicarbonat unter dem Einfluss einer 2 g Gyps im Liter äquivalenten Menge Natriumsulfat vor sich.

Die hierdurch entstandenen Krystalle sind Kalkspath und stellen durch-

gehends nur Bündel von zahlreichen, sehr steilen Rhomboëdern dar, welche mit ihren Endigungen kleine Partien der Flächen des Grundrhomboëders bilden, und hierbei die Polkanten des letzteren einigermassen vollkommen aufbauen. Es liegt somit in schlechtester Entwickelung $-mR \cdot R$ vor. Am Rande des Bodens der kleinen Schale war ein Kranz besonders grosser (bis $1\frac{1}{2}$ mm) gelblicher Krystalle entstanden, die jedoch in Bezug auf Flächenbeschaffenheit den übrigen Krystallen gleich kommen. Das Grundrhomboëder wurde mittelst des Reflexionsgoniometers geprüft, doch nur Schimmerreflexe erhalten. Ein vergleichsweise guter Krystall ergab den Flächenwinkel $\delta = 74\frac{7}{8}^0$. Die Spaltbarkeit bewies das positive Vorzeichen. Die steilen Rhomboëder lassen sich nicht bestimmen. An demselben Krystall oder richtiger Krystallbündel wurde an einem Einzelindividuum $d = 21^0$, an einem anderen Einzelindividium $d = 28\frac{3}{4}^0$ gefunden. Durch langes Suchen liessen sich 7 Krystalle aus dem zweiten Raume auswählen, welche messbar zu sein schienen. Die an 17 Einzelkrystallen dieser 7 Krystalle gemessenen Winkel schwankten zwischen $19\frac{1}{4}^0$ und 32^0. Die Verschiedenheit der Werthe für die Einzelindividuen desselben Krystalles beweist, dass Verzerrung mindestens eine der Ursachen dieses Schwankens der Werthe ist, ausserdem können möglicherweise noch wahre Formenverschiedenheiten vorhanden sein.

β) Versuche mit Lösungsgenossen, welche mit Calciumcarbonat isomorphe Gemische zu bilden vermögen.

Versuch 14. $\frac{1}{5}$ Grammäquivalent Calciumchlorid vermischt mit $\frac{1}{50}$ Grammäquivalent Baryumchlorid wurden auf $\frac{11}{50}$ Grammäquivalent Kaliumcarbonat einwirken gelassen. Hierdurch entwickelte sich eine Krystallisation von Calciumcarbonat unter dem Einfluss von gleichzeitig entstehendem Baryumcarbonat und von Kaliumchlorid von einer mittleren Concentration von $\frac{11}{300}$ Grammäquivalent im Liter.

Das Calciumcarbonat hat sich in dem I., II. und III. Krystallisationsraume ausschliesslich als baryumhaltiger Kalkspath, in dem IV. Raume jedoch nur z. Th. als Kalkspath, z. Th. als sphärische Aggregate abgeschieden, welche eine von den bisher bekannten abweichende Modification des Calciumcarbonates darstellen. Eine selbständige Krystallisation von Baryumcarbonat hat sich nicht gebildet.

A. Der Kalkspath.

Krystallformen.

Die Krystalle des I. Krystallisationsraumes haben einen Durchmesser von 0,67 mm. Besonders grosse lose Krystalle an der Peripherie des Bodens haben sich nicht gebildet. Der Durchmesser der Krystalle des II. Raumes steigt bis 1,5 mm, derjenige der Krystalle des III. Raumes schwankt

zwischen 0,14 und 0,4 mm. Die Grösse der Krystalle des IV. Raumes beträgt durchgängig weniger wie 1 mm, meist weniger als 0,5 mm. Diese Krystalle zeigen durchweg eine Combination von gleichem Habitus: $0R \cdot -mR$, wobei m ungefähr $= 4$ (siehe unten). Das negative Vorzeichen wurde durch Spaltung bestimmt. Diese beiden Formen sind z. Th. genau im Gleichgewicht, wodurch dem regulären Oktaëder sehr ähnliche Gestalten entstehen, z. Th. herrscht die Basis ein wenig vor. (Vergl. die Fig. 12 und 13.) Die Krystalle sind z. Th. mit der Basis, z. Th. mit einer Fläche von $-mR$, z. Th. mit anderweitigen Flächen aufgewachsen. Durch die Basis hindurch mit dem Konoskop betrachtet lassen die Krystalle das Axenbild des Kalkspathes vorzüglich erkennen. Der bereits oben S. 450 erwähnte Aufbau der Krystalle aus Subindividuen hat bei der vorliegenden Krystallisation zu einer besonders schlechten Flächenbeschaffenheit geführt. In Bezug auf die Basis vergl. oben a. a. O. Die Randkanten des Rhomboëders sind meist stark gebogen, die Flächen dieser Form concav gekrümmt. Der Winkel d der Randkanten von Krystallen aus den Räumen I, II und IV wurde zwischen $41\frac{1}{2}^0$ und 52^0 regellos schwankend, im Mittel aus zwanzig Messungen zu $46{,}^00$ gefunden. Die Krystalle der Krystallhaut waren völlig unmessbar. Es ist sicher, dass diese Schwankungen im Allgemeinen durch Verzerrung bedingt werden. Die Gleichmässigkeit der Schwankungen macht es sogar wahrscheinlich, dass die Rhomboëder in den drei untersuchten Krystallisationsräumen identisch sind. Dass das gefundene Mittel recht genau auf $\pm 4R$ stimmt (d berechnet $= 46{,}^01$), dürfte als Zufall aufzufassen sein. Auf dem Reflexionsgoniometer gestatteten nicht nur die Krystallflächen, sondern sogar die Spaltflächen nur Schimmermessungen von zweifelhaftem Werthe. Der Winkel zwischen zwei Spaltflächen wurde zu $74\frac{7}{8}^0$ gefunden. Der Winkel $0R : -mR$ ergab sich an dem besten der untersuchten Krystalle als Mittel aus den Messungen der drei zu derselben Basisfläche gehörigen Winkeln zu $77\frac{1}{8}^0$, der Flächenwinkel der Rhomboëderrandkanten als Mittel aus der Messung aller Kanten zu $65\frac{5}{8}^0$. Aus dem ersten Werthe folgt $m = 4{,}44$, aus dem zweiten Werthe folgt $m = 4{,}24$, so dass $-4\frac{1}{3}R$ dem wahren Symbole vielleicht nahekommt, ohne jedoch mehr Vertrauen zu verdienen, als das vorige Ergebniss $-4R$.

Specifisches Gewicht.

Um die Gleichmässigkeit, beziehungsweise Ungleichmässigkeit der isomorphen Mischung überblicken zu können, wurde das specifische Gewicht mittelst Thoulet'scher Lösung und einer für Beobachtung höherer specifischer Gewichte umgeänderten Westphal'schen Wage bestimmt. Hierbei wurden folgende besondere Maassnahmen getroffen. Da die unter 1 mm grossen Krystalle bei ihren Bewegungen in der Thoulet'schen Lösung nicht mehr mit genügender Sicherheit verfolgt werden können, so

wurden derartige Krystalle (aus den Räumen III und IV) in der Weise beobachtet, dass von denselben gebildete Krusten von ein Paar Millimeter Grösse zur Anwendung gelangten. Es wurden zu jeder Einzelbeobachtung aus dem II. Raume 25, aus den anderen Räumen 50 Krystalle beziehungsweise Krustenstücke in die Thoulet'sche Lösung eingebracht. Zur Entfernung der Luft von den Krystallen wurden dieselben in Anfangs mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnter Thoulet'schen Lösung gekocht. Vor und nach jeder Reihe mit derselben Aufstellung der Westphal'schen Wage durchgeführten Bestimmungen wurde zur Prüfung der Aufstellung u. s. w. mittelst dieser Wage das specifische Gewicht des Kalkspaths von Island bestimmt und stets gleich 2,712 gefunden. Jede Bestimmung wurde mindestens einmal wiederholt. Die hierbei erhaltenen Werthe unterschieden sich höchstens um 3 Einheiten der dritten Decimale, meist jedoch um weniger. Die mitgetheilten Werthe sind die Mittel.

Das specifische Gewicht der Krystalle vom I. Raume erwies sich als nahezu gleichmässig. Bei $s = 2,764$ schienen sämmtliche Krystalle dauernd schweben zu wollen. Nach zwei Stunden schwebten noch etwa die Hälfte der Krystalle, während gleichviele zu Boden gesunken und an die Oberfläche der Lösung gestiegen waren. Somit ist das mittlere specifische Gewicht dieser Krystalle = 2,764. Die Krystalle des II. Raumes haben ein schwankendes specifisches Gewicht. Die leichtesten Krystalle schwammen soeben bei $s = 2,761$, der schwerste sank bei $s = 2,804$ äusserst langsam zu Boden. Kein Zwischenwerth war durch das Schweben von besonders viel Krystallen ausgezeichnet. Das Mittel zwischen den Grenzwerthen beträgt 2,783. Durch Probiren wurde jedoch das specifische Gewicht 2,786 als dasjenige gefunden, bei welchem die Krystalle symmetrisch vertheilt sind. Daher mag der letztere Werth als das mittlere specifische Gewicht der Krystalle des II. Raumes angenommen werden. Die Individuen des III. Raumes, der Krystallhaut, haben ein völlig einheitliches specifisches Gewicht. Bei $s = 2,830$ schwebten sämmtliche Krystalle und hatten nach zwei Stunden ihre Lage noch nicht verändert. Die Krystallspathkrystalle des IV. Raumes verhielten sich wieder wie diejenigen des II. In dem Zwischenraume von $s = 2,883$ bis $s = 2,837$ sanken die Krystalle, der gleichmässig allmählich fortschreitenden Verdünnung entsprechend, gleichmässig nacheinander zu Boden. Deshalb entspricht hier das Mittel zwischen den Grenzwerthen $s = 2,860$ dem mittleren specifischen Gewicht.

Chemische Zusammensetzung.

Zur chemischen Analyse wurden gute Durchschnittsproben der Krystallisationen der einzelnen Räume verwendet.

Die Krystalle erschienen bei schwächerer Vergrösserung einschlussfrei. Bei 400facher Vergrösserung fanden sich gleichmässig in den Krystallen

aller Räume winzigste Einschlüsse in geringer Anzahl. Da die pulverisirte Substanz der Krystalle der vier Räume bei zweistündigem Erhitzen auf 150°C. übereinstimmend keinerlei Gewichtsverlust erkennen liessen, so sind diese Einschlüsse unter den vorliegenden Umständen als Kohlensäure anzusprechen.

Die Bestimmung der Basen geschah nach Fresenius, Quantitative Analyse, 6. Aufl., 1. Trennungsmethode 30. Die hierdurch erhaltenen Werthe wurden in diejenigen für die Carbonate umgerechnet, und dann aus letzteren das Aequivalentverhältniss, bezogen auf 1 Aequivalent Calciumcarbonat hergeleitet. Die Ergebnisse sind:

Krystallisationsraum I.

$CaCO_3$	93,12%
$BaCO_3$	6,65
	99,77%

entsprechend $CaCO_3 + 0{,}0363\ BaCO_3$.

Krystallisationsraum II.

Bei einer vorläufigen Baryumbestimmung wurde gefunden $BaCO_3 = 9{,}06\%$. Bei einer zweiten Bestimmung ergab sich $BaCO_3 = 9{,}03\%$, während die CaO-Bestimmung verunglückte. Also im Mittel:

$CaCO_3$	90,95% (Diff.)
$BaCO_3$	9,05
	100,00%

entsprechend $CaCO_3 + 0{,}0505\ BaCO_3$.

Krystallisationsraum III.

$CaCO_3$	86,53%
$BaCO_3$	13,54
	100,07%

entsprechend $CaCO_3 + 0{,}0794\ BaCO_3$.

Krystallisationsraum IV.

$CaCO_3$	83,51%
$BaCO_3$	16,47
	99,98%

entsprechend $CaCO_3 + 0{,}1001\ BaCO_3$.

Die isomorphe Mischung ist daher in der Weise erfolgt, dass die Krystalle um so baryumreicher sind, je entfernter von der ursprünglichen Calcium- und Baryumchloridlösung sich dieselben gebildet haben. Bei dem Raume IV ist selbstverständlich der Umweg, den die diffundirenden Molekel über den Rand der kleinen Schale machen mussten, zu berück-

sichtigen. Diese Vertheilung des Baryumgehaltes genügend zu erklären, erscheint mir auf Grund der bisherigen Kenntnisse der Wissenschaft von dem Einfluss der Lösungsgenossen auf Diffusionsgeschwindigkeit und Löslichkeit noch nicht möglich zu sein. Da gleiche Mischungen gleiches specifisches Gewicht, verschiedene Mischungen verschiedenes specifisches Gewicht bedingen, so erklärt die Abhängigkeit des Baryumgehaltes von der Entfernung der Krystalle von der ursprünglichen Chloridlösung, dass die beiden auf horizontalen Flächen gleichmässig in der Chloridlösung, beziehungsweise gleichweit von derselben entstandenen Krystalle des I. und des III. Raumes ein für jeden Raum gleichmässiges specifisches Gewicht aufweisen, während die an verticalen Wänden in verschiedener Entfernung von der Chloridlösung ansitzenden Krystalle des II. und des IV. Raumes ein schwankendes specifisches Gewicht besitzen. Ferner ist wegen der ebenerwähnten Abhängigkeit anzunehmen, dass in den Räumen III und IV die schwereren Krystalle in grösserer Entfernung von der Chloridlösung entstanden sind.

Die Beziehungen zwischen dem specifischen Gewicht und der chemischen Zusammensetzung.

Es liegt nahe, mit Hülfe der für das specifische Gewicht und für die chemische Zusammensetzung gefundenen Werthe zu prüfen, ob für die vorliegenden Substanzen der noch umstrittene Satz gilt: »Das specifische Gewicht und somit auch das specifische Volumen der isomorphen Gemische ist eine additive Eigenschaft«*).

Bedeutet s_0 das specifische Gewicht, v_0 das specifische Volumen des reinen Kalkspathes, s_{100} und v_{100} die entsprechenden Eigenschaften des (gedachten) reinen rhomboëdrischen Baryumcarbonates und s_q das specifische Gewicht sowie v_p das specifische Volumen eines isomorphen Gemisches der genannten Substanzen mit q Volumprocent, beziehungsweise p Gewichtsprocent Gehalt an Baryumcarbonat, so kann der eben mitgetheilte Satz sowohl durch

$$s_q = \frac{100 - q}{100} s_0 + \frac{q}{100} s_{100} \qquad \text{(A)}$$

als auch durch

$$v_p = \frac{100 - p}{100} v_0 + \frac{p}{100} v_{100} \qquad \text{(B)}$$

dargestellt werden.

In beiden Gleichungen sind die entsprechenden Grössen s_{100} und v_{100}

---

* In anderer Formulirung ist dieser Satz wiederholt erörtert worden, in letzterer Zeit besonders von J. W. Retgers, Das specifische Gewicht isomorpher Mischungen. Zeitschr. für phys. Chemie **3**, 497; Refer. diese Zeitschr. **19**, 625. In Bezug auf den Begriff »Additive Eigenschaft« vergl. W. Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie 1885, **1**, 812.

zunächst unbekannt. Da jedoch vier Beobachtungspaare vorliegen, so ermöglichen diese Gleichungen nicht nur eine Prüfung des obigen Satzes, sondern auch die Ermittelung s_{100} beziehungsweise v_{100}.

Bei der Anwendung der Gleichung (A) wäre q, welche Grösse nicht unmittelbar bestimmt werden kann, durch p, s_0 und s_{100} auszudrücken, während in (B) das unmittelbar gefundene p auftritt. Es gestaltet sich daher die Anwendung von (B) einfacher.

(B) lässt sich auch schreiben

$$v_p = v_0 - \frac{v_0 - v_{100}}{100} p ,$$

oder, wenn $\frac{v_0 - v_{100}}{100} = k$ gesetzt wird,

$$v_p = v_0 - k p. \qquad (C)$$

(C) sagt aus, dass sich das specifische Volumen, als additive Eigenschaft gedacht, proportional p ändere, und zwar für jedes Gewichtsprocent um den constanten Werth

$$k = \frac{v_0 - v_{100}}{100} . \qquad (D)$$

Aus (C) ergiebt sich ferner

$$k = \frac{v_0 - v_p}{p} . \qquad (E)$$

(D) verlangt, dass die mit Hülfe von (E) für die vier Krystallisationsräume für k berechneten Werthe identisch sind.

In der beistehenden Tabelle finden sich unter Hinzufügung der Werthe für den reinen Kalkspath in der ersten Spalte die Krystallisationsräume

1. Krystallisation	2. p	3. s	4. v	5. k	6. k_w	7. v_w	8. s_w	9. $s_w - s$
Kalkspath	0,00	2.712	0,3687	—	—	—	—	—
I.	6,65	2,764	0,3618	0,00104	—	0,3606	2,773	0,009
II.	9,05	2,786	0,3589	0,00108	0,00121	0,3577	2,796	0,010
III.	13,54	2,830	0,3534	0,00113	0,00122	0,3522	2,839	0,009
IV.	16,47	2,860	0,3496	0,00116	0,00124	0,3486	2,869	0,009

angegeben, in der zweiten Spalte p, die mittleren Baryumcarbonatgehalte in Gewichtsprocenten, und in der dritten Reihe s_p die mittleren specifischen Gewichte*). In der vierten Reihe sind die aus letzteren berechne-

*) Dass bei der folgenden Berechnung die Mittelwerthe des specifischen Gewichtes der Krystalle der Räume II und IV als zur Durchschnittszusammensetzung der eben erwähnten Krystalle gehörig angesehen werden, ist ein Verfahren, welches eigentlich die Gültigkeit der Gleichungen (A), (B) bereits voraussetzt, aber trotzdem durch kein anderes ersetzt werden kann.

ten specifischen Volumina v_p hinzugefügt. Die nach (E) ermittelten Werthe für k sind in der 5. Spalte verzeichnet.

Diese Werthe für k sind jedoch keineswegs identisch, sondern lassen ein derartig regelmässiges Ansteigen erkennen, dass man versucht sein möchte, in denselben einen Beweis gegen die Gleichung (B) und den Ausdruck einer anderweiten Gesetzmässigkeit zu erblicken. Allein jene winzigsten Einschlüsse von Kohlensäure, welche bereits oben S. 464 erwähnt worden sind, dürfen bei einer Discussion des specifischen Gewichtes nicht unberücksichtigt bleiben.

Die mikroskopische Betrachtung lässt die Annahme gerechtfertigt erscheinen, dass diese Einschlüsse in allen Krystallen der vier Krystallisationsräume in gleicher Grösse und Häufigkeit, also mit gleichem Volumenprocent auftreten. Bezeichnet s_w das wahre specifische Gewicht einer Substanz, s_b hingegen das beobachtete scheinbare specifische Gewicht, welches durch eine Beimengung von x Volumprocenten einer anderweiten Substanz vom specifischen Gewichte s_c bedingt wird, so gilt analog (A)

$$s_b = \frac{100 - x}{100} \cdot s_w + \frac{x}{100} \cdot s_c \,. \tag{F}$$

Da im vorliegenden Falle s_c, das specifische Gewicht des Kohlensäuregases, gleich 0,002 ist, und, wie zunächst der Augenschein lehrt, x ebenfalls eine sehr kleine Grösse, so ist $\frac{x}{100} \cdot s_c = 0{,}00002 \cdot x$ viel kleiner, als dass dieses Glied noch die nur auf 3 Decimalen bestimmten Werthe der vorliegenden Substanzen zu ändern vermöchte. Es kann daher (F) ersetzt werden durch

$$s_b = \frac{100 - x}{100} \cdot s_w = s_w \left(1 - \frac{x}{100}\right) . \tag{G}$$

Aus Gleichung (G) folgt, dass eine volumprocentisch gleiche Beimengung derselben anderweitigen Substanz bei verschiedenen s_w dem absoluten Werthe nach verschiedene Aenderungen von s_b bewirkt. Denn vergrössert sich s_w um $\varDelta$, so nimmt s_b um $\varDelta - \frac{\varDelta \,.\, x}{100}$ zu. Da jedoch bei vorliegenden Versuchen x eine sehr kleine Zahl ist, so kann möglicher Weise innerhalb der Genauigkeitsgrenze der Resultate $\frac{\varDelta x}{100} = 0$ gesetzt werden.

Unter dieser Voraussetzung lässt sich der Einfluss der Kohlensäurebläschen, wie ohne Weiteres ersichtlich, in der Weise eliminiren, dass in der Formel (E) an Stelle von v_0 das specifische Volumen v_1 der Krystalle des ersten Krystallisationsraumes tritt, und die Procentgehalte p an Baryumcarbonat durch Zunahmeprocente bezogen auf den Baryumcarbonatgehalt der

letzterwähnten Krystalle ersetzt werden. Hierdurch ergeben sich die Werthe in Spalte 6 der Tabelle.

Diese Werthe für k, welche mit k_w bezeichnet werden mögen, sind innerhalb der Genauigkeit der Versuche einander gleich; ihr Mittel beträgt 0,00122.

Mit Hülfe des mindestens annäherungsweise richtigen Werthes k_w lässt sich nunmehr ermitteln, ob im vorliegenden Falle $\frac{\varDelta \cdot x}{100}$ ohne Schädigung des numerischen Resultates vernachlässigt werden durfte, oder ob noch eine Correctur einzutreten hat.

Unter Anwendung des Werthes k_w ergiebt die Gleichung (C) für die wahren specifischen Volumina die in der 7. Spalte aufgeführten Werthe, welch letztere die in der 8. Spalte mitgetheilten Werthe für die wahren specifischen Gewichte bedingen. Die in der 9. Spalte angegebenen Differenzen zwischen den berechneten und den gefundenen specifischen Gewichten sind innerhalb der Genauigkeit der Versuche constant = 0,009. Aus der Formel (G) lässt sich herleiten, dass eine derartige Differenz von 0,009 bei dem specifischen Gewicht der Krystalle des ersten Raumes von 0,325 Volumprocent Kohlensäure, bei dem specifischen Gewicht des vierten Raumes von 0,311 Volumprocent Kohlensäure bedingt wird, woraus $x \lesseqgtr 0{,}325$ folgt. Die höchste vorkommende Differenz zwischen den verschiedenen specifischen Gewichten ist diejenige zwischen den Gewichten des vierten und des ersten Raumes = 0,119. Somit beträgt das durch die Vernachlässigung von $\frac{\varDelta x}{100}$ bei der Berechnung des specifischen Gewichtes möglicher Weise begangene Fehlermaximum $\frac{0{,}119 \cdot 0{,}325}{100} = 0{,}00039$, liegt also unterhalb der Genauigkeit der Versuche. Hieraus folgt, dass die unter Vernachlässigung von $\frac{\varDelta \cdot x}{100}$ berechneten Werthe der Spalten 6, 7, 8 und 9 in den angegebenen Decimalstellen der Rechnung nach richtig sind. Es bestätigen aus diesem Grunde die innerhalb der Genauigkeit der Versuche constanten Werthe der Spalte 9 die auf Grund des Augenscheins gemachte Annahme, dass die Kohlensäurebläschen in den Krystallen volumprocentisch gleichmässig vertheilt sind, und liefern die ebenfalls innerhalb der Genauigkeit der Versuche constanten Werthe für k_w den Beweis für die Uebereinstimmung der aus dem gefundenen specifischen Gewichte berechneten specifischen Volumina mit den Anforderungen der Gleichung (B). Es ist demnach das specifische Volumen und somit auch das specifische Gewicht des rhomboëdrischen isomorphen Gemisches von Caliumcarbonat und Baryumcarbonat eine additive Eigenschaft, und entspricht das erstere der Gleichung

$$v_p = 0{,}3687 + 0{,}00122\, p. \qquad \text{(H)}$$

[Berechnete] Zusammensetzung der baryumcarbonatreichsten Mischung der erhaltenen Krystalle.

Mit Hülfe der Gleichung (II) und der annäherungsweise constanten Grösse 0,009 lässt sich aus dem höchsten beobachteten specifischen Gewichte der höchste Baryumcarbonatgehalt der bei diesem Versuche entstandenen Krystalle ermitteln. Aus dem beobachteten höchsten specifischen Gewichte 2,883 ergiebt sich das wahre höchste Gewicht $s_{max} = 2,892$. Hieraus folgt $v_{p\,max} = 0,3458$. Aus letzterem Werthe ergiebt sich mittelst Gleichung (II) $p_{max} = 18,77\%$. Demnach besitzen die betreffenden Krystalle folgende Zusammensetzung:

$CaCO_3$	81,23 %
$BaCO_3$	18,77
	100,00 %

entsprechend $CaCO_3 + 0,1173\ BaCO_3$.

Dass die Krystalle des IV. Raumes zum Theil mehr wie $\frac{1}{10}$ Aequivalent Baryumcarbonat enthalten, während doch nur $\frac{1}{10}$ Aequivalent beigemischt worden ist, ist deshalb recht wohl möglich, weil die Krystalle der Räume I—III weniger als $\frac{1}{10}$ Aequivalent Baryumcarbonat aufweisen.

Das specifische Gewicht des reinen rhomboëdrischen Baryumcarbonates.

Für diese noch nicht dargestellte Substanz ergiebt sich das specifische Volumen aus Gleichung (*II*) zu 0,247, welcher Werth dem specifischen Gewichte **4,05** entspricht.

Natürliche isomorphe Gemische von Calcium- und Baryumcarbonat in der Kalkspathform.

Dergleichen isomorphe Gemische sind von Cumberland und Långban bekannt.

Das erstere Mineral wird von Breithaupt*) unter dem Namen Carbonites barytocalcarius oder Neotyp Br. erwähnt. Nach Plattner's Untersuchungen besteht dasselbe aus Calciumcarbonat mit wenig Baryumcarbonat und Mangancarbonat. Die Krystalle sind als $-2R$ entwickelt. Das specifische Gewicht beträgt 2,819—2,830.

Das Mineral von Långban ist von Sjögren**) als Barytocalcit beschrieben worden, während Des Cloizeaux***) auf Grund der Spaltbarkeit und des optischen Verhaltens dieses Mineral in die Kalkspathreihe stellt. Das

*) Breithaupt, Vollständiges Handbuch der Mineralogie, 1841, **2**, 313.

) A. Sjögren, Barytocalcit von Långban. Geol. För. Förh. **3, No. 10, 289—292. Citirt nach dem Ref. in dieser Zeitschr. **1**, 386.

***) A. Des Cloizeaux, Sur l'hédyphane de Longban etc. Bull. Soc. minéralogique de France 1881, **4**, 93—95. Citirt nach dieser Zeitschr. **6**, 299.

Mineral von Långban bildet derbe Massen, welche wesentlich aus Baryumcarbonat und Calciumcarbonat sowie aus untergeordnet auftretenden anderweiten Carbonaten besteht. Die in Sjögren's Abhandlung mitgetheilten Analysen einer körnigen und einer späthigen Probe ergaben für *BaO* 44,13 und 50,89%, für *CaO* 18,19 und 17,64%, ausserdem *MgO*, *FeO*, *MnO*, *PbO*, die entsprechende Menge CO_2 und Verunreinigungen. Das specifische Gewicht wird ohne Mittheilung darüber, welche von beiden Proben geprüft wurde, zu 3,46 angegeben. Die chemische Zusammensetzung entspricht unter Berücksichtigung der beträchtlichen Verunreinigungen annäherungsweise der isomorphen Mischung 1 $BaCO_3$ + 1 $CaCO_3$, was 51,52% *BaO* und 18,86% *CaO* erfordern würde. Nach Gleichung (*II*) auf S. 469 ergiebt sich das specifische Gewicht einer Mischung gleicher Aequivalente obiger Carbonate zu 3,475, womit das beobachtete Gewicht sehr nahe übereinstimmt. Da das specifische Gewicht des Alstonites 3,65 .... 3,71*), dasjenige des Barytocalcites 3,62 .... 3,66**) beträgt, so weist das specifische Gewicht des Minerals von Långban gleich der Spaltbarkeit und dem optischen Verhalten desselben auf die Zugehörigkeit dieses Minerals zur Kalkspathreihe hin.

B. Die sphärischen Aggregate.

Auftreten.

In den Krystallisationsräumen I—III hat sich ausschliesslich Kalkspath gebildet. Im Raume IV findet sich jedoch nur in der oberen Hälfte des Raumes ausschliesslich Kalkspath vor, denn im Niveau von $\frac{3}{4}$ der Höhe der kleinen Schale stellen sich sowohl an der kleinen als wie an der grossen Schale zwischen den Kalkspathkrystallen sphärische Aggregate ein. Im Niveau der Hälfte der kleinen Schale hört das Vorkommen des Kalkspathes auf, so dass von hier an die vergleichsweise wenig zahlreichen Aggregate unvermischt auftreten. Dieselben ziehen sich bis zum Boden der grossen Schale hinunter und finden sich noch in vereinzelten Exemplaren auf letzterem vor. Die sphärischen Aggregate haben sich daher in dem ursprünglich von der Kaliumbicarbonatlösung eingenommenen Raume und in dessen nächster Umgebung gebildet.

Krystallographische Beschaffenheit.

Die Form der sphärischen Aggregate ist genau diejenige einer Halbkugel. Der untere Durchmesser schwankt zwischen 0,1 und 0,8 mm. Die meisten Aggregate besitzen seltsamer Weise in der Mitte der Unterseite eine kleine halbkugelförmige Höhlung. Unter dem Mikroskop erscheinen die unverletzten Aggregate undurchsichtig und weiss. Durch Zertrümmerung

*) Naumann-Zirkel, Elemente der Mineralogie. 12. Aufl., 1885, S. 462.

**) wie 2), S. 256.

gewonnene Bruchstücke der Aggregate sind durchscheinend und zeigen deutlich einen Aufbau aus radial gestellten feinen Fasern und in dickeren Schichten bei gekreuzten Nicol'schen Prismen lebhafte Polarisationsfarben sowie je nach ihrer Grösse Theile des buschigen Kreuzes der sphärischen Aggregate. Die durch Zertrümmerung erhaltenen Bruchstücke von einzelnen Fasern lassen erkennen, dass die letzteren durchsichtig sind, ausnahmsweise bis 0,035, im Allgemeinen etwa 0,01 mm Dicke besitzen und nur wenig lebhafte Polarisationsfarben hervorrufen. Der Winkel zwischen der Längsrichtung und der Auslöschungsrichtung der Fasern beträgt 0 bis ca. 8°. Es sind somit die einzelnen Fasern monosymmetrisch oder asymmetrisch.

Specifisches Gewicht.

Die Ermittelung des specifischen Gewichtes der sphärischen Aggregate war mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft. Bereits ehe die oben S. 463 beschriebene Methode angewendet wurde, war versucht worden, das specifische Gewicht mit dem Pyknometer zu bestimmen. Hierbei wurde genau nach Kohlrausch, Leitfaden der praktischen Physik, 4. Auflage, insbesondere unter Beobachtung von Nr. 14, Absatz 3 verfahren. Die Entfernung der den Aggregaten anhaftenden Luft wurde durch tagelanges Liegenlassen der Aggregate in ausgekochtem Wasser im Vacuum vergeblich zu bewirken versucht. Die Luftbläschen blieben hierbei zum Theil noch haften. Deshalb wurden die sphärischen Aggregate andauernd mit Wasser gekocht. In Folge dessen musste die Substanzmenge aus verschiedenen naheliegenden Gründen nach dem Wiegen von Pyknometer + Wasser + Substanz durch Eindampfen zur Trockne bestimmt werden. Die Capillarräume zwischen den feinen Fäserchen hielten hierbei einen kleinen Rest des Wassers so fest, dass derselbe erst bei Temperaturen über 150° C. entwich. Da die beiden ersten Bestimmungen durchaus nicht mit einander übereinstimmten, wurden noch zwei weitere Bestimmungen ausgeführt und hierdurch für s die Werthe 2,609, 2,662. 2,631 und 2.677 gefunden. Diese Werthe sind sämmtlich kleiner wie das specifische Gewicht des Kalkspathes und können daher einem durch ein Gehalt an Baryumcarbonat specifisch schwerer gewordenen Kalkspath nicht eignen. Da ferner die Abweichungen dieser Werthe von einander sehr viel grösser sind, als dass dieselben durch Beobachtungsfehler erklärt werden könnten, so liegt die Vermuthung nahe, dass eine Calciumcarbonat-Substanz mit einem geringen specifischen Gewicht vorliegt, welche sich durch die Operationen bei der Ermittelung des specifischen Gewichtes, insbesondere durch das Erhitzen, theilweise zu Kalkspath umlagert. Um daher bei der Anwendung der Thoulet'schen Lösung die Substanz nicht erhitzen zu müssen, wurden sphärische Aggregate drei Wochen lang in eine solche Lösung gelegt, in welcher sie soeben untersanken. Während dieser Zeit wurde die Lösung fünfmal einen halben Tag

lang in's Vacuum gestellt. Da Thoulet'sche Lösung die Eigenschaft besitzt, Luftbläschen aufzulösen, so war eine völlige Entfernung der Luft auf diesem Wege zu erwarten. Bereits bei der zweiten Evacuation waren Luftbläschen nicht mehr wahrzunehmen. Das specifische Gewicht wurde wie folgt gefunden: schwerstes Aggregat = 2,573, die meisten Aggregate schwebten, während gleichviele schwammen und bereits gesunken waren, bis $s =$ 2,564, und das leichteste Aggregat = 2,557. Das Mittel der Grenzwerthe ist 2,565. Andere sphärische Aggregate wurden noch fernere drei Wochen in der Thoulet'schen Lösung gelassen und dann auf das specifische Gewicht bei ihrer symmetrischen Vertheilung in der Lösung untersucht. Auch dieses Mal war dieses Gewicht zugleich durch das Schweben der meisten Aggregate ausgezeichnet und wurde dieses Gewicht zu 2,563 gefunden. Es mag $s =$ **2,564** als der wahrscheinlichste Werth angenommen werden.

Chemische Zusammensetzung.

Eine in der gleichen Weise wie die Analyse der baryumcarbonathaltigen Kalkspathkrystalle ausgeführte Analyse (vergl. oben S. 465) ergab für die sphärischen Aggregate $CaCO_3 = 97{,}00\%$, $BaCO_3 = 3{,}29$, Summe 100,29%, entsprechend $CaCO_3 + 0{,}0172\ BaCO_3$.

In dieser chemischen Zusammensetzung tritt ein scharfer Gegensatz zur Zusammensetzung des gleichzeitig entstandenen baryumcarbonathaltigen Kalkspathes hervor (vergl. oben S. 465 u. 470): Während der letztere im Mindestbetrage 6,65% Baryumcarbonat enthält, und der Gehalt an Baryumcarbonat mit wachsender Entfernung der Krystalle vom Boden der kleinen Schale steigt, und im IV. Raume im Höchstbetrage 18,77% erreicht, besitzen die sphärischen Aggregate, obgleich sie zum Theil in der Entfernung der baryumcarbonatreichsten Krystalle, z. Th. in noch grösserer Entfernung vom Boden der kleinen Schale entstanden sind, nur einen mittleren Baryumcarbonatgehalt von 3,29%. Trotzdem muss wegen des Nebeneinandervorkommens der Aggregate mit Kalkspath angenommen werden, dass die Lösung, aus welcher sich die Aggregate ausschieden, ebensoviel, beziehungsweise noch mehr Baryumcarbonat gelöst enthielt, als die Lösung, aus welcher die baryumcarbonatreichsten Kalkspathe auskrystallisirten. Es vermag daher das Baryumcarbonat zwar ebenfalls wie das Calciumcarbonat die Molekularanordnung der Substanz der sphärischen Aggregate anzunehmen, unter den vorliegenden Umständen ordnen sich jedoch die Baryumcarbonatmolekel viel leichter in das Molekularnetz des Kalkspathes, als in dasjenige der Substanz der sphärischen Aggregate ein.

Das schwankende spec. Gew. der sphärischen Aggregate beweist, dass dieselben, gleich dem Kalkspathe, verschiedene Mischungsstufen des Calcium- und des Baryumcarbonates darstellen. Der Betrag der Verschiedenheiten ist bei den Aggregaten nur gering (vergl. oben).

Das specifische Gewicht des reinen Calciumcarbonates in der Form der sphärischen Aggregate.

Mit Hülfe der Formel (II) (s. S. 469) und der naheliegenden Annahme, dass die specifischen Gewichte der entsprechenden Modificationen isopolymorpher Verbindungen einander annäherungsweise proportional sind, lässt sich aus dem gefundenen specifischen Gewichte der sphärischen Aggregate dasjenige der baryumcarbonatfreien Substanz annäherungsweise berechnen.

Aus der Formel (II) folgt, dass ein Kalkspath von 3,29% Gehalt an Baryumcarbonat ein specifisches Volumen von 0,3647 und somit ein specifisches Gewicht von 2,742 besitzt. Dieser Werth sinkt bei der Molekularanordnung der sphärischen Aggregate auf den beobachteten Werth 2,564, was nach obiger Annahme für das reine Calciumcarbonat auf eine Herabminderung von 2,712 (Kalkspath) auf **2,536** (Calciumcarbonat in der Form der sphärischen Aggregate) schliessen lässt. — Da die mikroskopische Beschaffenheit der Aggregate das Erkennen kleinster Einschlüsse äusserst erschwert, so entzieht sich die wahrscheinlich vorhandene geringfügige Verminderung des specifischen Gewichtes durch winzige Kohlensäurebläschen [oben für den Kalkspath zu 0,009 berechnet] der Beurtheilung. —

Umwandlung der sphärischen Aggregate in Kalkspath.

Um zu ermitteln, ob thatsächlich, wie oben S. 472 vermuthet wurde, die Substanz der sphärischen Aggregate durch Temperaturerhöhung in Kalkspath übergeführt werden kann, wurden 10 Aggregate in einem Platintiegel während 10 Minuten mit einer kleinen Spirituslampe zur schwachen Rothgluth erhitzt. Die Aggregate waren theilweise zu Pulver zerfallen, theilweise hatten sie den Zusammenhang noch bewahrt. Durch Aufschlämmen mit Wasser wurde das Pulver von den grösseren unregelmässig umgrenzten fetzenähnlichen Massen getrennt. Das Wasser reagirte alkalisch, es war demnach etwas Calciumcarbonat kaustisch geworden. Die grösseren Stücke wurden nach genügendem Abschwemmen eine Stunde lang mit Thoulet'scher Lösung gekocht und dann das specifische Gewicht bestimmt. Die schwerste Masse begann bei $s = 2{,}750$ eben zu sinken, die Massen vertheilten sich in der Thoulet'schen Lösung symmetrisch bei $s = 2{,}725$, und die leichteste Masse schwamm noch soeben bei $s = 2{,}660$. Es hatte sich daher das specifische Gewicht im Sinne einer Umwandlung in Kalkspath von $s = 2{,}564$ auf $s = 2{,}725$ (Mittelwerth gegen Mittelwerth) erhöht. Eine vollkommene Umwandlung der Substanz der Aggregate ohne das specifische Gewicht herabsetzende Nebenerscheinungen hätte jedoch den im vorigen Abschnitte für Kalkspath mit 3,29% Gehalt an Baryumcarbonat berechneten Werth $s = 2{,}742$ als Mittelwerth ergeben müssen. Der

Höchstbetrag $s = 2,750$ erklärt sich recht wohl aus der etwas schwankenden chemischen Zusammensetzung der Aggregate (siehe S. 473). Die Erniedrigung des Mittels und der Mindestbetrag $s = 2,660$ beweisen jedoch, dass entweder die Aggregate z. Th. noch unverändert geblieben sind, oder dass durch die theilweise Entbindung von Kohlensäure bedingte Nebenerscheinungen das specifische Gewicht erniedrigt haben. Als solche Nebenerscheinungen sind denkbar, dass den zur Bestimmung des specifischen Gewichtes verwendeten Massen noch geringe Mengen von kaustischem Kalk angehangen haben, oder dass in diesen Massen kleine Kohlensäure-Einschlüsse entstanden sind. Theilchen von kaustischem Kalk waren nicht mehr an den untersuchten Proben, denn dieselben waren in der Thoulet'schen Lösung rein weiss geblieben, während Aetzkalk gelbes Quecksilberoxyd niedergeschlagen hätte, welches ausserdem das beobachtete specifische Gewicht erhöht haben würde. Um den durch theilweise Entbindung der Kohlensäure bedingten Uebelstand zu vermeiden, wurde bei einem zweiten Umwandlungsversuche nicht ganz bis zur Rothgluth erhitzt. Hierbei hatten die Aggregate ihren Zusammenhang vollständig behalten, waren nicht im Geringsten kaustisch geworden, ihr Gewicht war jedoch nur bis auf 2,637 im Höchstbetrag gestiegen. In diesem Falle war demnach die Umwandlung noch nicht vollendet. Es wurde daher vorgezogen, zum unmittelbaren Vergleiche mit dem Verhalten der sphärischen Aggregate etliche kleine Bruchstücke von Aragonit von Herrengrund in genau gleicher Weise zur schwachen Rothgluth zu erhitzen. Die hierdurch erhaltene Masse war ebenfalls z. Th. pulverförmig, z. Th. fetzenähnlich und gab mit Wasser aufgerührt basische Reaction. Nach Entfernung des Aetzkalkes durch Wasser wurden die grösseren Massen eine Stunde lang in Thoulet'scher Lösung gekocht und dann das specifische Gewicht bestimmt. Die schwerste Masse sank höchst langsam bei $s = 2,713$, die Massen waren symmetrisch in der Lösung vertheilt bei $s = 2,700$, die leichteste Masse schwamm noch soeben bei $s = 2,647$. Diese Umwandlung des Aragonites in Kalkspath ist demnach völlig analog der gleichen Umwandlung der Substanz der sphärischen Aggregate verlaufen. An Stelle des zu erwartenden Mittelwechstr $s = 2,712 +$ kleine Erhöhung wegen des geringen Strontiangehaltes des aus dem Aragonit hervorgegangenen Kalkspathes hat sich wie bei der Umwandlung der Substanz der sphärischen Aggregate ein kleinerer Werth, und zwar $s = 2,700$ ergeben. Dass diese Erniedrigung des specifischen Gewichtes nicht durch unvollendete Umwandlung des Aragonites bedingt sein kann, geht daraus hervor, dass der Aragonit ein höheres specifisches Gewicht als der Kalkspath besitzt. Es treten somit bei der Erhitzung des Aragonites zur schwachen Rothgluth sicher Nebenerscheinungen, höchst wahrscheinlich Bildung von Kohlensäureporen, ein, welche das unmittelbar zur Beobachtung gelangende specifische Gewicht etwas erniedrigen. Es

weist daher das völlig gleiche Verhalten der bis zur schwachen Rothgluth erhitzt gewesenen sphärischen Aggregate mit dem Verhalten des gleichbehandelten Aragonites darauf hin, dass die Substanz der sphärischen Aggregate durch schwache Rothgluth vollständig in Kalkspath übergeführt wird.

f. Die Darstellung von Calciumcarbonatkrystallen aus Lösungen von Calciumcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser durch Stehenlassen der Lösungen an der Luft.

Wenn auch, wie bereits oben S. 442 erwähnt, diese Darstellungsmethode nicht zu messbaren Krystallen geführt hat, so ist dieselbe dennoch zu Ergänzungsversuchen bei der Besprechung der Ergebnisse der Versuche 3—14 unentbehrlich. Diese Ergänzungsversuche wurden in der Absicht unternommen, Calciumcarbonatkrystallisationen aus möglichst concentrirten Calciumcarbonatlösungen unter dem Einflusse bestimmter Mengen je einer der bei den Versuchen 3—14 *) angewendeten Substanzen hervorzurufen.

Die Ausführung der Versuche geschah in der Weise, dass 0,9 jener Menge des Lösungsgenossen, deren Einwirkung beobachtet werden sollte, in einer gesättigten, bez. hochcentrirten Calciumcarbonatlösung von vorher bestimmtem Gehalte gelöst wurden. Durch Ermittelung der specifischen Gewichte der auf diese Weise erhaltenen Lösungen [je 500 ccm] wurde ermöglicht, aus dem Gehalt der Carbonatlösung und der Menge des Lösungsgenossen den Gehalt der Lösungen an Calciumcarbonat zu berechnen. Die Lösungen wurden in den oben S. 445 erwähnten grösseren Schalen in einem grossen, durch einen Ofen erwärmten Zimmer bei einer zwischen 5° und 18° C. schwankenden Temperatur unbedeckt aufgestellt. Durch Entweichen der Kohlensäure geht nun die Krystallisation unter gleichzeitiger Verdunstung von Wasser vor sich. Dieser Vorgang wurde dann unterbrochen und die Krystallisation untersucht, als die Lösungen nur noch $\frac{4}{5}$ ihres ursprünglichen Volumens besassen. Die zu dieser Verdunstung nothwendige Zeit — ein paar Tage bis ein paar Wochen — wird von so vielerlei wechselnden Umständen beeinflusst, dass Angaben hierüber keinerlei Bedeutung haben würden. Durch die Verdunstung steigt die Concentration des Lösungsgenossen auf $\frac{9}{10} : \frac{4}{5} = \frac{9}{8}$ derjenigen Menge, deren Einfluss beobachtet werden soll. Zu gleicher Zeit nimmt jedoch die Concentration des Calciumcarbonates durch Krystallisation von Fall zu Fall verschieden, aber stets sehr beträchtlich ab. Es wird daher der Absicht, die Krystallisation des Calciumcarbonates aus concentrirter Lösung desselben unter dem Einfluss eines in bestimmter Menge gegenwärtigen Lösungsgenossen vor sich gehen zu lassen, in der Weise an-

*) Die Ergänzungsversuche zu den Versuchen 12—14 sind noch nicht zum Abschlusse gelangt.

näherungsweise entsprochen, dass die Krystallisation bei einem hohen Gehalt an $CaCO_3$ (ca. 1 g auf's Liter) beginnt, jedoch bis zu einem ziemlich geringen Gehalt an dieser Substanz (ca. 0,25 g auf's Liter) fortschreitet, während gleichzeitig der Gehalt der Lösung an dem Lösungsgenossen von 0,9 auf rund 1,1 der gewünschten Menge steigt.

Die bei diesen Versuchen erhaltenen Krystalle schwimmen theils einzeln auf der Oberfläche des Wassers, theils sind dieselben einzeln an den mit Wasser bedeckten Flächen der Krystallisirschale aufgewachsen. Ausnahmslos bleibt auf der Wasserfläche eine ca. 1 cm breite peripherische Zone längs der Wand der Schale frei von Krystallen, und zeigt mitunter, aber keineswegs regelmässig, die untere Hälfte der mit Wasser bedeckten Wand wenige, bez. keine Krystalle, während im Uebrigen dieselben gleichmässig vertheilt sind. Die Grösse der Krystalle beträgt meist weniger wie 0,1 mm und erreicht höchstens 0,25 mm. Dem blossen Auge erscheinen die Krystalle auf der Oberfläche des Wassers sehr viel grösser, als die übrigen. Wie die unten für jede Krystallisation mitgetheilten Abmessungen ergeben, ist dies jedoch nicht in dem Grade der Fall. Die Krystalle sind vollkommen klar, das häufig auftretende Grundrhomboëder zeigt tadellose Entwickelung, die anderweiten Formen sind stets höchst mangelhaft ausgebildet. Die Form, beziehungsweise der Habitus der bei der Verdunstung entstehenden Krystalle ist, wie das die früheren Beobachter bereits angegeben, bei den einzelnen Versuchen nicht einheitlich. In den vorliegenden Versuchen kommen vielfach neben reinen Grundrhomboëdern solche in Combination mit steilen negativen Rhomboëdern vor, wobei die Grössenverhältnisse zwischen beiden Formen mannigfach schwanken. Diese Mischung von Krystallen von verschiedener Ausbildung ist keineswegs gleichmässig, sondern im bunten Wechsel stellen sich die Krystalle von bestimmtem Habitus bald spärlicher, bald häufiger ein, bald finden sich kleine Bezirke, wo der eine oder andere Habitus ausschliesslich zur Ausbildung gelangt ist, so dass man eine grössere Anzahl Kryställchen durchsehen muss, ehe man zu einem Urtheil über die Formenentwickelung gelangen kann. Wider Erwarten zeigten die auf dem Glase aufgewachsenen Krystalle häufig einen etwas anderen Habitus, wie die an der Oberfläche des Wassers gebildeten, und dann stets in der Weise, dass die Krystalle auf dem Boden der Schale die beträchtlichste Einwirkung des Lösungsgenossen erkennen lassen, während die Krystalle an der Oberfläche des Wassers am wenigsten beeinflusst sind. Die Krystalle an der verticalen Wand stellen in ihrem Habitus den allmählichen Uebergang her.

g. Die Versuche 15—30.

Da die Versuche 15—30 völlig gleichmässig in der oben unter f. näher beschriebenen Weise ausgeführt wurden, so dürfte es genügen, dieseVer-

suche durch die unten folgende Tabelle zu beschreiben. Die in derselben angegebenen Werthe für die Grösse der Krystalle sind Maximalwerthe, die Durchschnittsgrösse schwankt etwa zwischen der Hälfte und zwei Dritteln der Maximalgrösse. Die $-mR$ sind sämmtlich steil, aber nicht näher be-

Nummer des Versuchs.	Lösungs-genosse.	Menge des Lösungsgenossen (Grammäquivalente im Liter).	Anfänglicher Gehalt der Lösung an $CaCO_3$ (Gramm im Liter).
15	$CaCl_2$	1	1,07
16	$CaCl_2$	½	1,14
17	$Ca(NO_3)_2$	1	1,13
18	$Ca(NO_3)_2$	½	1,17
19	$KHCO_3$	1	sehr gering
20	$KHCO_3$	½	0,60
21	$NaHCO_3$	1	sehr gering
22	$NaHCO_3$	½	0,60
23	KCl	1	1,01
24	KCl	½	1,02
25	$NaCl$	1	1,02
26	$NaCl$	½	1,03
27	KNO_3	1	1,00
28	KNO_3	½	1,02
29	$NaNO_3$	1	1,00
30	$NaNO_3$	½	1,02

stimmbar, und ähneln in ihrer Flächenbeschaffenheit z. Th. den durch Diffusion erhaltenen Krystallen.

Anmerkung zu Versuch 15. Ein Versuch, Calciumcarbonat aus concentrirter Calciumchloridlösung auskrystallisiren zu lassen, führte nur zur

Krystallisation an der Oberfläche des Wassers.		Krystallisation auf dem Boden des Gefässes.	
Maximale Grösse d. Kr. (mm)	Formen der Krystalle *).	Maximale Grösse d. Kr. (mm)	Formen der Krystalle *).
0,05	R $-mR.R$ $R.-mR$	0,03	$-mR.R$
0,09	R	0,05	R $R.-mR$ $-mR.R$ } gleich häufig
0,10	$-mR.R$ { $-mR$ herrscht stark vor	0,09	$-mR.R$ ($-mR$ herrscht stark vor) $-mR$.
0,10	R $R.-mR$ { $-mR$ tritt stark zurück	0,06	$-mR.R$ { $-mR$ herrscht schwach vor $R.-mR$ R } in Bezug auf die Anzahl d. Individuen zurücktretend
0,005	R auffällig gleichmässig	—	—
0,06	R	0,05	R
0,005	R auffällig gleichmässig	—	—
0,04	R	0,03	R
0,25	$R.-mR$ nahe flächengleich	0,20	$R.-mR$ nahe flächengleich
0,13	R	0,13	R $R.-mR$ nahe flächengleich
0,16	R $R.-mR$ nahe flächengleich	0,16	$R.-mR$ nahe flächengleich R
0,12	R $R.-mR$ { nahe flächengleich, sehr selten	0,15	R $R.-mR$ nahe flächengleich
0,12	R $R.-mR$ wie bei Nr. 26	0,12	R $R.-mR$ { nahe flächengleich, nur wenige Individuen
0,14	R	0,11	R $R.-mR$ wie bei Nr. 27
0,11	R $R.-mR$ { nahe flächengleich, nur wenige Individ.	0,08	$R.-mR$ nahe flächengleich
0,12	R $R.-mR$ wie bei Nr. 29	0,10	R $R.-mR$ { nahe flächengl. mit R gleich häufig

*) Die nebeneinander auftretenden Combinationen sind nach ihrer Häufigkeit geordnet.

Bildung von 0,0015 mm grossen Körnchen, an denen Krystallflächen nicht erkannt werden konnten.

Anmerkung zu den Versuchen 19—22. Die Darstellung einer Lösung, welche zugleich mit *$CaCO_3$* gesättigt ist und ein Grammäquivalent eines Alkalibicarbonates im Liter enthält, ist nicht möglich. Die rasch verlaufende Lösung der (feinst pulverisirten) Alkalibicarbonate geht anfangs ohne jede Trübung vor sich. Doch ehe die Lösung vollendet ist, tritt eine milchige Trübung der Lösung ein. Nach erfolgter Klärung der letzteren findet man, dass sich fast sämmtliches Calciumcarbonat niedergeschlagen hat, welcher Niederschlag nunmehr die Form von Kalkspath zeigt. Die bei den Versuchen Nr. 19 und Nr. 21 angewendeten Lösungen enthalten daher nur noch sehr geringe Mengen von Calciumcarbonat. Die Kalkspathkrystalle entsprechen in Grösse und Form genau den ein paar Tage später durch Verdunstung aus denselben Lösungen entstandenen Krystallen. Eine Bildung von Gaylussit, wie solche unter den gleichen Umständen bei der Anwendung von Natriummonocarbonat stattfindet*), tritt bei der Anwendung von Alkalibicarbonaten nicht ein. — Bei den Versuchen Nr. 20 und Nr. 22 wurde in Rücksicht auf die Löslichkeitsverhältnisse eine Calciumcarbonatlösung von geringerer Concentration angewendet.

h. Uebersicht über die Versuche 3—14. Folgerungen.

Die folgende Tabelle ermöglicht durch Angabe der Reagentien, der Lösungsgenossen sowie der Symbole der in den einzelnen Krystallisationsräumen erhaltenen Combinationen den Ueberblick über die Versuche 3—14 und die durch dieselben erhaltenen Krystallisationen.

(S. die Tabelle auf S. 481.)

Wie aus der Tabelle hervorgeht, sind 60 Krystallisationen untersucht worden, von denen 20 vollkommen bestimmt werden konnten. Der Grund, warum die Bestimmung so vieler Formen nicht gelang, war die schlechte Beschaffenheit der Flächen derselben.

Da sich die Winkel der Krystalle, so lange die Grösse der letzteren nur wenige Millimeter oder gar nur Bruchtheile eines solchen beträgt, bei gleicher Flächenbeschaffenheit um so leichter bestimmen lassen, je grösser die Krystalle sind, so lag nahe zu versuchen, ob nicht durch Anwendung einer grösseren Menge der Reagentien grössere Krystalle erhalten werden können. Während alle anderen Versuche mit $\frac{1}{5}$ Grammäquivalent der Reagentien angestellt worden sind, wurde bei Versuch 11 eine Menge von $\frac{4}{5}$ Grammäquivalent angewendet. Der letztere Versuch beweist jedoch,

*) J. Fritzsche, St. Petersb. Akad. Bull. 7, 580; citirt nach H. Will, Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie etc. für 1864, S. 190.

Nummer des Versuchs	Reagentien	Angewendete Menge der Reagentien in Grammäquivalenten	Lösungsgenossen	Menge der Lösungsgen. in Grammäquivalenten im Liter	Formen in den Krystallisationsräumen					Anmerkungen
					I.	Ia.	II.	III.	IV.	
3	$CaCl_2 + 2KHCO_3$	$\frac{1}{5}$	KCl	$\frac{2}{15}$ *)	$R. - mR$	$R. - mR$	$R. - mR$	$R. - mR$	$R. - mR$	Sämmtl. $m > \frac{3}{2}$
4	$CaCl_2 + 2KHCO_3$	$\frac{1}{5}$	KCl	1	$R. - mR$	$R. - mR$	$R. - mR$	$R. - mR$	$R. - mR$	Sämmtl. $m < \frac{3}{2}$
5	$CaCl_2 + 2NaHCO_3$	$\frac{1}{5}$	$NaCl$	$\frac{2}{15}$	$R. - mR$	$R. - 8R$	$R. - mR$	$R. - mR$	$R. - mR$	—
6	$CaCl_2 + 2NaHCO_3$	$\frac{1}{5}$	$NaCl$	1	$R. - mR$	$R. - mR$	$R. - 6R$	$R. - mR$	$R. - mR$	$m_{III} > 6$
7	$Ca(NO_3)_2 + 2KHCO_3$	$\frac{1}{5}$	KNO_3	$\frac{2}{15}$	$-mR$	$-6R$	$-6R.R$	$-6R.R$	$-mR.R$	—
8	$Ca(NO_3)_2 + 2KHCO_3$	$\frac{1}{5}$	KNO_3	1	$-mR$	$-5\frac{2}{3}R$	$-5\frac{2}{3}R.R$	$-mR.R$	$-mR.R$	—
9	$Ca(NO_3)_2 + NaHCO_3$	$\frac{1}{5}$	$NaNO_3$	$\frac{2}{15}$	$-5\frac{1}{2}R$	$-5\frac{1}{2}R$	$-5\frac{1}{2}R.R$	$-6R.R$	$-5\frac{1}{2}R.R$	—
10	$Ca(NO_3)_2 + NaHCO_3$	$\frac{1}{5}$	$NaNO_3$	1	$-mR$	$-mR$	$-5\frac{1}{2}R.R$	$-mR.R$	$-mR$	—
11	$CaCl_2 + 2KHCO_3$	$\frac{3}{5}$	KCl	$\frac{6}{15}$	$-2R.R$	nicht zur Entwickl. gelangt	$\begin{cases} -4R.R \text{**)} \\ -5R.R \\ R \end{cases}$	$-6R.R$	$R. - mR$	$4 > m_{IV} > 2$
12	$CaCl_2 + 2KHCO_3$	$\frac{1}{5}$	$\begin{cases} KCl \\ CaSO_4 + 2aq \end{cases}$	$\frac{2}{15}$ 0,1 g ***)	$-5R$	nicht zur Entwickl. gelangt	$-6R.R$	$R. - mR$	$R. - mR$	—
13	$CaCl_2 + 2NaHCO_3$	$\frac{1}{5}$	$\begin{cases} NaCl \\ Na_2SO_4 \end{cases}$	$\frac{2}{15}$ äquiv. 2 g Gyps ***)	$-mR.R$	$-mR.R$	$-mR.R$	$-mR.R$	$-mR.R$	—
14	$\begin{cases} CaCl_2 + 2KHCO_3 \\ BaCl_2 + 2KHCO_3 \end{cases}$	$\frac{1}{5}$ $\frac{1}{50}$	$\begin{cases} KCl \\ BaCO_3 \end{cases}$	$\frac{44}{100}$ —	$0R. - mR$	nicht zur Entwickl. gelangt	$0R. - mR$	$0R. - mR$	$0R. - mR$ Anderw. Modific. d. $CaCO_3$ (s. S. 471)	Sämmtl. $m =$ ca. 4

*) Siehe oben S. 445.

**) Diese drei Formen entsprechen einer nur hier auftretenden ferneren Gliederung des Raumes II in drei Zonen. Siehe oben S. 459.

***) Hier sind ausnahmsweise Gramme und nicht Aequivalente angegeben.

dass abgesehen von den unmittelbar auf dem Rande der kleinen Schale, also in dem Reactionsraume (s. S. 447) entstandenen Krystallen durch Steigerung der Menge der Reagentien keine grösseren Krystalle erhalten werden, als bei der Anwendung von nur $\frac{1}{8}$ Aequivalent. Die Ursache dieser Erscheinung ist die folgende. Da die concentrirten Lösungen der Reagentien bei Anwendung von $\frac{3}{8}$ Grammäquivalent dreimal so viel Raum einnehmen, als bei $\frac{1}{8}$ Aequivalent, und deshalb weit weniger Wasser zwischen sich lassen, und weil ferner in dem ersteren Falle ein weit grösserer Vorrath an concentrirter Lösung vorhanden ist, weshalb das Concentrationsgefälle längere Zeit sehr erheblich bleibt, so nimmt die Diffusion der Reagentien und somit die Bildung des Calciumcarbonates bei Anwendung von $\frac{3}{8}$ Aequivalent einen viel rascheren Verlauf. Im Augenblicke der Entstehung ist das Calciumcarbonat in dem mit Kohlensäure gesättigten Wasser gelöst. Die gleichzeitig mit der Bildung des Calciumcarbonates durch Diffusion erfolgende Beförderung eines Theiles desselben aus dem Reactionsraume in die anderen Räume der Schalen wird jedoch durch die Vermehrung der Masse der Reagentien nicht gesteigert, da ja sowohl bei der Anwendung von $\frac{1}{8}$ als auch von $\frac{3}{8}$ Aequivalent die Calciumcarbonatlösung im Reactionsraume während der Reaction ständig bis zum Auskrystallisiren gesättigt ist, also die Diffusion in beiden Fällen mit dem Maximum der Geschwindigkeit erfolgt. Es wird daher durch die grössere Masse der Reagentien nur den Krystallen des Reactionsraumes mehr Substanz zugeführt. Es ist bemerkenswerth, dass sich diese besonders rasch gewachsenen Krystalle durch eine abweichende Form auszeichnen (s. oben S. 459).

Auf S. 444 ist als Annäherung angenommen worden, dass unter den Umständen der Versuche 3—14 die Krystallisation des Calciumcarbonates ausschliesslich von dem durch Wechselzersetzung neben dem Calciumcarbonat entstehenden und etwa vorher zugefügten Lösungsgenossen beeinflusst werde. Wäre dies der Fall, dann müssten die bei demselben Versuche erhaltenen Krystallisationen die gleichen Formen zeigen. In Wirklichkeit entwickeln sich jedoch, wie aus der Tabelle hervorgeht, die Krystallisationen in den verschiedenen Räumen desselben Krystallisationsgefässes (mitunter) verschieden. Dies beweist, dass die zu den einzelnen Räumen in verschiedenem Verhältniss stehenden Substanzen, also die Reagentien, die Krystallisationen mit beeinflusst haben. Es geht aus der Lage der Krystallisationsräume sowie aus der Verschiedenheit der Flächenbeschaffenheit der Krystalle der Räume I—III verglichen mit der Flächenbeschaffenheit der Krystalle des Raumes IV hervor, dass ausser den vorher zugefügten und den durch die Wechselzersetzung entstehenden Lösungsgenossen in den Räumen I—III das Calciumsalz, in dem Raume IV noch das Alkalibicarbonat die Krystallisation des Calciumcarbonates mit beein-

flusst hat. Während jedoch die vor Beginn der Versuche in dem Wasser gelösten Stoffe in allen Räumen in gleicher Menge vorhanden sind, und die durch Wechselzersetzung entstehenden Lösungsgenossen sich durch Diffusion in den gesammten Wasserraum gleichmässig zu vertheilen streben, so dass in Bezug auf dieselben nur geringe Concentrationsunterschiede auftreten können, bieten die Reagentien bei Beginn der Versuche das starke Concentrationsgefälle von gesättigter Lösung an dem Boden der Schale bis zur ständigen Zurückführung der Concentration auf ein Minimum durch die Wechselzersetzung in dem Reactionsraume. Die in den einzelnen Räumen wirkenden Lösungsgenossen sind daher theils substantiell, theils wenigstens den Mengenverhältnissen nach verschieden. Da sich über die hierdurch entstehenden Complicationen a priori keine Ansichten aufstellen lassen, so sind von Fall zu Fall die Einzelwirkungen der verschiedenen Substanzen, beziehungsweise die zur Entstehung der einzelnen Krystallisationen nothwendigen Umstände durch geeignete Combination von Versuchen zu ermitteln.

Die den Versuchen 3—14 gemeinsame Erscheinung, dass derjenige Raum der grossen Schale, an welchem sich die Alkalibicarbonatlösung befand, von den Krystallisationen nahezu gemieden wird, findet ihre Erklärung durch die bei den Versuchen 19 und 21 (vgl. S. 480) aufgefundene Schwerlöslichkeit des Calciumcarbonates in einer concentrirten Lösung von Alkalibicarbonat. Diese Schwerlöslichkeit macht unmöglich, dass beträchtliche Mengen von Calciumcarbonat durch Diffusion in den betreffenden Raum gelangen, und da durch den Verbrauch von Alkalibicarbonat bei der Wechselzersetzung die in Lösung befindliche Menge der letzteren Substanz immer geringer wird, so nimmt die Löslichkeit des Calciumcarbonates nahe dem Boden der grossen Schale ständig zu, welche beiden Umstände daselbst das Entstehen einer Krystallisation nahezu verhindern. Die einzige, jedoch nicht von Kalkspath gebildete Ausnahme stellen die S. 471 beschriebenen sphärischen Aggregate dar.

Wenn die Daten obiger Tabelle mit den Angaben von Credner und Bauer (vgl. oben S. 438 und 440) verglichen werden, so fällt sofort auf, dass bei den Versuchen 12 und 14 trotz der Gegenwart von Gyps beziehungsweise Baryumcarbonat ausschliesslich Kalkspath und nicht wenigstens theilweise Aragonit entstanden ist. Es liegt nahe zu vermuthen, dass dies durch die verschiedenen Darstellungsweisen verursacht wird, dass also bei der Bildung des Calciumcarbonates durch Diffusion auch in Gegenwart von Gyps oder Baryumcarbonat Kalkspath entsteht, während bei der Krystallisation aus kohlensäurehaltigem Wasser durch Stehenlassen dieser Lösung an der Luft die genannten Lösungsgenossen die Ausscheidung von Aragonit bedingen. Zahlreiche Versuche, über welche ich in der Folge berichten werde, haben mich jedoch überzeugt, dass nicht Diffusion oder Verlust der Kohlensäure,

sondern ein anderweitiger, den bisherigen Ermittelungen **Credner's**, **Bauer's** und den meinigen entgangener Umstand, beziehungsweise entgangene Vereinigung von Umständen den Ausschlag giebt. Die Bildung von Kalkspath in Gegenwart eines Sulfates oder eines Baryumsalzes hat auch häufig in der Natur stattgefunden, wie — vom Standpunkte der Lateralsecretionstheorie aus — das Auftreten des Kalkspathes in der Fluor- und Baryt-Formation **Breithaupt's** beweist. Ausserdem ist noch das Vorkommen des Kalkspathes auf den baryumhaltigen Zeolith führenden Erzgängen von St. Andreasberg sowie dasjenige der bereits oben S. 470 aufgeführten baryumhaltigen Kalkspathe zu erwähnen.

Die Verschiedenheiten der einzelnen Krystallisationen der Versuche 3 bis 14 werden zum Theil durch eine Aenderung der Krystallformen, zum Theil durch gleichzeitig hiermit oder für sich allein auftretende Aenderung des Habitus bedingt. Beide Arten der Verschiedenheiten werden zum Theil durch die stoffliche Verschiedenheit der Lösungsgenossen, zum Theil jedoch nur durch die Verschiedenheit der Menge desselben Lösungsgenossen verursacht.

Dass verschiedene Lösungsgenossen verschiedene Formen hervorzurufen vermögen, ist die Voraussetzung, unter welcher die vorliegenden Untersuchungen ausgeführt worden sind. Die folgende Tabelle, welche die vollkommen bestimmten Formen und deren Vorkommen aufzählt, gestattet eine Prüfung dieser Voraussetzung.

Krystallform bezw. Combination.	Vorkommen. Die arabische Ziffer bezeichnet den Versuch, die römische den Krystallisationsraum.
$\{10\bar{1}1\}R$	11 II
$\{02\bar{2}1\}-2R\,.\,\{10\bar{1}1\}R$	11 I
$\{04\bar{4}1\}-4R\,.\,\{10\bar{1}1\}R$	11 II
$\{05\bar{5}1\}-5R$	12 I
$\{05\bar{5}1\}-5R\,.\,\{10\bar{1}1\}R$	11 II
$\{0.11.\overline{11}.2\}-5\frac{1}{2}R$	9 I, 9 Ia
$\{0.11.\overline{11}.2\}-5\frac{1}{2}R\,.\,\{10\bar{1}1\}R$	9 II, 9 IV, 10 II
$\{0.17.\overline{17}.3\}-5\frac{2}{3}R$	8 Ia
$\{0.17.\overline{17}.3\}-5\frac{2}{3}R\,.\,\{10\bar{1}1\}R$	8 II
$\{06\bar{6}1\}-6R$	7 Ia
$\{06\bar{6}1\}-6R\,.\,\{10\bar{1}1\}R$	6 II, 7 II, 7 III, 9 III, 11 III, 12 II
$\{08\bar{8}1\}-8R\,.\,\{10\bar{1}1\}R$	5 Ia
Ausserdem bemerkenswerth:	
$\{0001\}0R.\ \{0h\bar{h}l\}-mR$ $\left(\frac{h}{l}\right)m = \text{ca. } 4$	14 I—IV

Diese Tabelle bestätigt im Allgemeinen, dass verschiedene Lösungs-

genossen verschiedene Formen bedingen. Im Besonderen zeigt diese Tabelle jedoch, dass sich die gleiche Kalkspathform auch unter verschiedenen Umständen zu bilden vermag. Am Auffälligsten gilt das letztere für $-6R.R$, welche Combination unter fünf beziehungsweise sechs verschiedenen Umständen entstanden ist.

Dass derselbe Lösungsgenosse durch seine Gegenwart in verschiedenen Mengen unter Umständen verschiedene Krystallformen zu bedingen vermag, beweisen die Versuche 3 und 4, sowie 7 und 8; ferner der Versuch 11.

Die Versuche 3 und 4 sowie 7 und 8 enthalten unter im Uebrigen völlig gleichen Verhältnissen die Lösungsgenossen Kaliumchlorid und Kaliumnitrat in je $\frac{2}{15}$ und 1 Grammäquivalent im Liter der Lösung. Die entstandenen Krystalle zeigen im Krystallisationsraume II die Combination $R.-mR$ bezw. $-mR.R$. Die Parameter der Axe c der negativen Rhomboëder betragen daselbst bei dem ersten Versuchspaare $m > \frac{9}{2}$ und $m < \frac{9}{2}$, und bei dem zweiten Paare 6 und $5\frac{2}{3}$. Es hat demnach bei diesen beiden Versuchspaaren die grössere Menge von Lösungsgenossen zu einer Verkleinerung des Parameters der Axe c geführt. Bei dem analogen Versuchspaare 8 und 10, welches über die Einwirkung des Natriumnitrates Aufschluss giebt, hat jedoch eine Veränderung des Parameters der Axe c überhaupt nicht stattgefunden. Somit beweisen diese Versuche nicht nur, dass eine Aenderung der Concentration unter Umständen den Einfluss der Lösungsgenossen zu ändern vermag, sondern auch, dass bei äquivalenter Aenderung der Concentration die Aenderung des Einflusses bei den einzelnen Substanzen verschieden ist.

Bei dem Versuch 11 haben sich in den Räumen I—III in Combination mit R die Rhomboëder $-2R$, $-4R$, $-5R$ und $-6R$ entwickelt, während der Raum IV schlecht entwickelte $-mR$ zeigt, für welche nur $4 > m > 2$ ermittelt werden konnte. Da die räumliche Vertheilung dieser Formen (vergl. S. 458) völlig mit dem übereinstimmt, was S. 483 für die Vertheilung der Reagentien als Lösungsgenossen ermittelt worden ist, so kann die Folgerung als gerechtfertigt gelten, dass die Verkürzung des Parameters der Axe c in den Räumen III—I durch den nach dem Boden der kleinen Schale zu höher werdenden Gehalt der Lösung an Calciumchlorid bedingt wird, während die Entwickelung der Form im Raume IV der Mitwirkung des Kaliumbicarbonates zuzuschreiben ist.

Bei den mit $\frac{1}{5}$ Grammäquivalent der Reagentien angestellten Versuchen ist wohl ein gleicher Gegensatz zwischen den Räumen I—III einerseits und dem Raume IV andererseits zu erwarten, jedoch kann sich innerhalb der Räume I—III kein so grosser Unterschied in der Form herausbilden, da bei den Versuchen mit $\frac{1}{5}$ Aequivalent das Concentrationsgefälle des Calciumchlorides längst nicht so anhaltend ein möglichst starkes bleiben kann. Bei den mit $\frac{1}{5}$ Aequivalent der Reagentien angestellten Versuchen bilden

die Reagentien gesättigte Lösungen von entsprechend geringerem Volumen, so dass der Wasserraum zwischen den Reagentienlösungen erheblich grösser ist, und aus diesem Grunde die Diffusion viel längere Zeit wirken muss, ehe die Reagentien zusammentreffen, als dies bei Versuch 11 der Fall ist. Es haben daher bei den Versuchen mit $\frac{1}{3}$ Aequivalent die Reagentienlösungen während längerer Zeit und somit bis zu tieferen Schichten hinab Verdünnung durch Diffusion erfahren, als bei Versuch 11, ehe die Krystallausscheidungen beginnen. Da nun gleichzeitig die Mengen der Reagentien nur $\frac{1}{3}$ von denjenigen bei Versuch 11 betragen, so ist ersichtlich, dass die Lösungen der letzteren in einem viel früheren Stadium der Krystallisation als bei Versuch 11 die gleiche Concentrationsabnahme erfahren. Hiermit stimmt sehr gut überein, dass der einzige Versuch, welcher bei Anwendung von $\frac{1}{3}$ Aequivalent Calciumchlorid sowohl im Raume I als auch im Raume II messbare Krystalle entwickelt hat, der Versuch 12, zwar ebenfalls eine Verkleinerung des Parameters der Axe c erkennen lässt, aber nur eine solche, welche dem höheren Niveau des Versuchs 11 entspricht, nämlich von $m = 5$ im Raume I auf $m = 6$ im Raume II.

Aenderungen des Habitus der Krystalle $-mR.R$ bei zum Theil gleichem, zum Theil geändertem steilen negativen Rhomboëder zeigen die Versuche 3—10 und 12. An den bei diesen Versuchen erhaltenen Krystallen ist ausnahmslos das negative Rhomboëder um so beträchtlicher entwickelt, je näher die Krystalle dem Boden der kleinen Schale entstanden sind. Bei den Versuchen 3—6 befindet sich an den Krystallen des Raumes I das negative Rhomboëder mit dem Grundrhomboëder im Gleichgewicht. In den anderen Krystallisationsräumen tritt das negative Rhomboëder mit wachsender Entfernung der Krystalle vom Boden der kleinen Schale immer mehr zurück. Bei den Versuchen 7—10 ist im Krystallisationsraume I das negative Rhomboëder völlig oder nahezu rein entwickelt, während in grösserer Entfernung von I das Grundrhomboëder allmählich die gleiche Flächenausdehnung wie das negative Rhomboëder erlangt. Die bedeutendsten Habitusunterschiede sind diejenigen, welchen die durch den Versuch 12 entstandenen Krystalle aufweisen, indem dieselben zwischen dem reinen steilen negativen Rhomboëder im Raume I und der Combination von dem sehr stark vorherrschenden Grundrhomboëder und entsprechend zurücktretenden negativen Rhomboëder in den Räumen III und IV schwanken. Da sich der Versuch 12 vom Versuch 3 nur durch die Zufügung von 0,1 g Gyps auf's Liter Wasser unterscheidet, so sind zweifellos die vorliegenden Abweichungen der Krystallisationen des Versuches 12 von denjenigen des Versuches 3 der Einwirkung des Calciumsulfates zuzuschreiben. Von einer Discussion der letzteren muss jedoch vorläufig noch abgesehen werden.

Die oben beschriebenen Habitusunterschiede der Versuche 3—10 begreifen zweierlei in sich: erstens zeigen die Krystalle der ersten vier Ver-

suche insofern einen allgemeinen Habitusunterschied von jenen der zweiten vier Versuche, als an den Krystallen der ersten Gruppe das Grundrhomboëder, an denen der zweiten Gruppe das steile negative Rhomboëder vorherrscht, und zweitens finden sich bei den einzelnen Versuchen die innerhalb der einzelnen Gruppen parallel laufenden Aenderungen.

Da sich die Versuche 3—6 und die Versuche 7—10 bis auf die Ersetzung des Chlors der bei den ersteren Versuchen verwendeten Substanzen durch die Atomgruppe [NO_3] bei letzteren Versuchen genau entsprechen, so wird die bei den letzteren Versuchen durchgängig grössere Flächenentwickelung des negativen Rhomboëders durch die Ersetzung des *Cl* durch [NO_3] bedingt. Diese Substitution findet sowohl bei dem Calciumsalze als auch bei den durch Wechselzersetzung entstandenen, bez. z. Th. schon vor Beginn der Krystallisation zugesetzten Lösungsgenossen statt. Dies führt zu der Frage, ob beide Ersetzungen vereint oder nur die eine von beiden die in Untersuchung stehende Erscheinung bedingt. Unter Berücksichtigung der Versuche 15—30 (s. S. 478) lässt sich dies entscheiden. Die Versuche 23—30 geben keinerlei Anhalt zu der Annahme, dass die Alkalinitrate eine beträchtlichere Entwickelung der negativen Rhomboëder bedingen, als die Alkalichloride. Die Versuche 15—18 zeigen jedoch sehr auffällig, dass das Calciumnitrat die negativen Rhomboëder mehr hervortreten lässt, als das Calciumchlorid. Es wird daher die stärkere Entwickelung der negativen Rhomboëder bei den Versuchen 7—10 ausschliesslich durch die Ersetzung des Calciumchlorides durch das Calciumnitrat verursacht.

Die Erscheinung jedoch, dass bei den einzelnen Versuchen 3—10 die negativen Rhomboëder um so mehr vorherrschen, je näher die betreffenden Krystalle dem Boden der kleinen Schale entstanden sind, kann, soweit es sich um die Krystallisationsräume I—III handelt, ersichtlich nur durch verschiedenen Gehalt des Wassers an denselben Lösungsgenossen erklärt werden. Da die Calciumsalze, wie so eben nachgewiesen, durch ihre stoffliche Verschiedenheit den allgemeinen Unterschied im Habitus der Versuche 3—10 hervorrufen, so ist weiter zu folgern, dass der verschiedene Gehalt des Wassers in den Räumen I—III an Calciumchlorid, beziehungsweise an Calciumnitrat (vergl. S. 483) die Ursache der Habitusverschiedenheiten innerhalb der einzelnen Versuche darstellt.

Schliesslich ermöglicht der Versuch 14, eine beachtenswerthe Beobachtung über das Zusammenwirken mehrerer Lösungsgenossen anzustellen. Der Versuch 14 unterscheidet sich von Versuch 3 nur dadurch, dass gleichzeitig mit dem Calciumcarbonate und dem Kaliumchlorid nach $\frac{1}{50}$ Grammäquivalent Baryumcarbonat zur Entwickelung gelangte. Letztere Substanz hat sich als isomorphe Beimischung des Kalkspathes mit ausgeschieden (s. o. S. 462). Während nun bei Versuch 3 das Grundrhomboëder als herr-

schende Form der Combination $R.—mR$ zur Entwickelung gelangte, hat die Einwirkung des Baryumcarbonates nicht nur zur Bildung einer anderweitigen Form, nämlich des basischen Pinakoides geführt, sondern es tritt an den Krystallen des Versuches 14 — $0R.—mR$ — das Grundrhomboëder überhaupt nicht auf. Es vermag daher das Hinzukommen eines ferneren Lösungsgenossen eine in Abwesenheit des letzteren auftretende Form an den nunmehr entstehenden Krystallen völlig auszuschliessen.

i. Ergebnisse.

1. Die in demselben Lösungsmittel zugleich gelösten Substanzen mögen mit »Lösungsgenossen« bezeichnet werden (S. 434).

2. Das Grundrhomboëder stellt die von Lösungsgenossen unbeeinflusste Form des aus kohlensaurer wässeriger Lösung von Calciumcarbonat bei niederer Temperatur krystallisirenden Kalkspathes dar. Das Auftreten anderweiter Formen unter im Uebrigen gleichen physikalischen Bildungsverhältnissen wird durch Lösungsgenossen bedingt. (S. 442 u. S. 484.)

3. Unter dem Einflusse verschiedener Entstehungsbedingungen entwickeln sich im Allgemeinen verschiedene Krystallisationen. Mitunter führen jedoch verschiedene Entstehungsbedingungen zu gleichen Krystallisationen. Hieraus folgt als Umkehrung: Eine Krystallisation von bestimmtem Habitus vermag sich unter dem Einflusse mehrerer von einander verschiedener Entstehungsbedingungen zu bilden. (S. 484.)

4. Die einzelnen Lösungsgenossen üben je nach der Menge, in welcher sie zugegen sind, einen verschiedenen Einfluss auf die Krystallisation aus. Dieser Einfluss kann sowohl in einer Aenderung der Krystallform mit gleichbleibendem oder geändertem Habitus als auch nur in einer Aenderung des Habitus bestehen. (S. 485 u. S. 486.)

5. Das Hinzukommen eines ferneren Lösungsgenossen vermag in besonderen Fällen eine ohne denselben auftretende Form an den nunmehr entstehenden Krystallen völlig auszuschliessen. (S. 488.)

6. Bei der Krystallisation durch Diffusion wird das Calciumcarbonat unter Umständen auch in Gegenwart eines Sulfates oder eines Baryumsalzes ausschliesslich als Kalkspath ausgeschieden. Dieses Ergebniss stimmt mit manchem Kalkspathvorkommen in der Natur überein. (S. 483.)

7. Die Geschwindigkeit des Wachsthums der Krystalle übt unter Umständen ebenfalls einen Einfluss auf die (nicht verzerrte) Krystallform aus. (S. 482.)

8. Durch Diffusion entsprechender Lösungen lassen sich Kalkspathkrystalle herstellen, welche bei den vorliegenden Versuchen bis 18,77% Baryumcarbonat, entsprechend 0,1173 Aequivalent dieses Carbonates auf 1 Aequivalent Calciumcarbonat enthalten. Das specifische Volumen dieser

isomorphen Gemische ist eine additive Eigenschaft derselben nach der Gleichung

$$v = 0{,}3687 + 0{,}00122\,p,$$

worin v das specifische Volumen und p den Baryumcarbonatgehalt des Gemisches in Gewichtsprocenten bedeutet, während 0,3687 das specifische Volumen des reinen Kalkspathes darstellt. (S. 462.)

9. Ausser der Kalkspath- und der Aragonitmodification giebt es noch eine dritte krystallinische Modification des Calciumcarbonates. Dieselbe wurde in der Form von sphärischen Aggregaten monosymmetrischer oder asymmetrischer Individuen erhalten und besitzt das specifische Gewicht 2,54. Auch diese Modification vermag Baryumcarbonat isomorph in sich aufzunehmen. (S. 471.)

Tharand, mineralogisches Institut der Königlichen Forstakademie, Februar 1893.

Erklärung der Tafel X.

Fig. 1. Schematischer Durchschnitt durch ein Krystallisationsgefäss. Die Strichelung und dergl. geben die Ausbreitung der einzelnen Krystallisationen an. Maassstab = ½ der natürlichen Grösse. S. 445.

Fig. 2. Abbildung einer zu dem unteren Pol gehörigen Fläche von $-5\frac{1}{2}R$ aus dem Raume Ia des Versuches 9 (S. 457) als Beispiel der Ausbildung der Flächen der steilen negativen Rhomboëder. Vergrösserung 20fach. S. 450 u. S. 456.

Fig. 3. Abbildung einer Fläche des Grundrhomboëders eines Krystalles aus dem Raume Ia des Versuches 5, als Beispiel einer schlecht entwickelten Rhomboëderfläche. a = Stellen, an denen die Subindividuen die Rhomboëderfläche nicht erreichen. Vergrösserung 20fach. S. 450.

Fig. 4. Abbildung einer Fläche von $0R$ der Combination $0R . -mR$ (Versuch 14). Vergrösserung 20fach. S. 451.

Fig. 5. $R . -5R$ im Gleichgewicht, als Beispiel des Habitus der entsprechenden Combinationen $R . -mR$. S. 456, 457 u. 461.

Fig. 6. Abbildung eines Krystalles aus dem Raume II des Versuches 3 als Beispiel von $R . -mR$ mit $-mR$ in schlechtester Entwickelung. Vergrösserung 40fach. S. 454.

Fig. 7. $R . -5R$, letztere Form zurücktretend, als Beispiel der entsprechenden Combinationen $R . -mR$. S. 454 u. 461.

Fig. 8. $-5\frac{1}{2}R$ (Versuch 9, Raum I). S. 456 u. 457.

Fig. 9. Abbildung von $-5\frac{1}{2}R$ (Versuch 9, Raum I). Vergrösserung 40fach. S. 456, 457 u. 461.

Fig. 10. $-5\frac{1}{2}R . R$, letztere Form schwach entwickelt (Versuch 9, Raum II), als Beispiel des Habitus der entsprechenden Combinationen $-mR . R$. S. 456, 457—459 u. 461.

Fig. 11. Abbildung eines Grundrhomboëders aus dem Raume II des Versuches 11. Das Grundrhomboëder ist mit einer Randecke nach oben gewachsen. Vergrösserung 10fach. S. 459.

Fig. 12 und Fig. 13. $0R . -4R$, als Beispiele des Habitus der bei dem Versuch 14 entstandenen Krystalle. S. 463.

Inhalt.

XXIII. Ueber den Zusammenhang zwischen der Grösse der Winkel der Krystalle von isomorphen Salzreihen und dem Atomgewicht der darin enthaltenen Metalle.

Eine Untersuchung der Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze der monosymmetrischen Reihe von Doppelsulfaten $R_2M(SO_4)_2 . 6H_2O$.

Von

A. E. Tutton in London.

(Mit 35 Textfiguren.)

Der Zweck dieser Untersuchung war, eine Reihe von isomorphen Salzen, welche einem der Krystallsysteme von niedrigerer Symmetrie angehören, sehr ausführlich zu messen, um zu bestimmen, ob die Ersetzung eines Metalls durch ein anderes derselben Gruppe, aber von höherem Atomgewicht, von einer Veränderung in den Grössen der Winkel begleitet werde, welche ausserhalb der Grenzen der bei der Messung begangenen oder durch Unvollkommenheiten der Ausbildung der Krystalle bedingten Fehler gelegen sind. Die Reihe der monosymmetrischen Doppelsulfate $R_2M(SO_4)_2 . 6H_2O$ wurde gewählt, weil die Rubidium- und Cäsiumsalze derselben noch nicht gemessen worden sind, und weil eine goniometrische Vergleichung derjenigen ihrer Salze, welche die zu derselben verticalen Reihe des periodischen Systems gehörenden Elemente Kalium, Rubidium und Cäsium enthalten, in Rücksicht auf die Beziehung, welche in dem Titel specificirt ist, von besonderer Wichtigkeit wäre. Messungen der Kaliumsalze, sowie auch der Ammoniumsalze, welche jedoch nicht streng verglichen werden können, sind von Brooke, Rammelsberg und von Murmann und Rotter (Sitzungsber. der kais. Akad. Wiss. Wien **34**, 135) u. A. ausgeführt worden. Diese Messungen sind jedoch nicht hinreichend für den Zweck dieser Untersuchung; es sind daher die Kaliumsalze von Neuem gemessen

worden, und zwar ebenso ausführlich wie die Rubidium- und Cäsiumsalze, so dass alle drei streng vergleichbar sind.

Die Doppelsulfate wurden stets durch Vermischung der Lösungen der beiden einfachen Sulfate dargestellt, nachdem jene Salze in molekularem Verhältniss gelöst waren. Die Wägungen wurden mit Vorsicht ausgeführt, um einen Ueberschuss irgend eines der einfachen Salze zu vermeiden. Die angewandten Sulfate besassen den höchsten Grad von Reinheit. Diejenigen des Rubidiums und Cäsiums wurden von Trommsdorff besonders dargestellt und erwiesen sich bei der spectroskopischen Prüfung als auffallend frei von Verunreinigungen. Bestimmungen ihres Gehaltes an Schwefelsäure gaben die folgenden Resultate:

1,6837 g schwefelsaures Rubidium gab 1,4815 g $BaSO_4$, welches 30,20% SO_3 entspricht. Berechnet für Rb_2SO_4 30,03.

1,1905 g schwefelsaures Cäsium gab 0,7780 g $BaSO_4$, welches 22,43% SO_3 entspricht. Berechnet für Cs_2SO_4 22,14.

Eine Bestimmung des Gehaltes an Schwefelsäure des angewandten schwefelsauren Kaliums gab die folgenden Zahlen:

0,6285 g gab 0,8404 g $BaSO_4$, welches 45,90% SO_3 entspricht. Berechnet für K_2SO_4 45,97.

Es wurden gewöhnlich Lösungen dargestellt, die 20—30 g des Doppelsalzes enthielten, und Theile davon in mehrere Krystallisationsgefässe gegossen, um verschiedene Krystallisationen zu erhalten. Um Krystalle von regelmässigem Wachsthum und ebenen Flächen darzustellen, wurde die Methode der langsamen Krystallisation aus kalten Lösungen befolgt. Jede Krystallisation wurde getrennt in einer kleinen Flasche aufbewahrt.

Als ein Dutzend oder mehr solcher Krystallisationen erhalten worden war, wurden 10 besonders gut entwickelte Krystalle aus den besten dieser Krystallisationen ausgewählt. Diese 10 Krystalle wurden vollständig durchgemessen, ausser in wenigen Fällen, in denen einige Zonen Spuren von Flächenkrümmung zeigten; in solchen Fällen wurden diese Zonen verworfen und frische Krystalle ausgewählt und gemessen. Es wurden also 10 besonders gut ausgebildete Krystalle jedes Salzes nicht allein in den Hauptzonen, sondern auch in allen anderen Zonen vollständig untersucht, und in einigen Fällen wurden noch ein oder zwei weitere Krystalle theilweise gemessen. Da die meisten der Hauptwinkel viermal bei jedem vollständig ausgebildeten Krystall gemäss der Symmetrie des monosymmetrischen Systems wiederholt sind, wurden somit 40 und manchmal noch mehr Bestimmungen jedes Hauptwinkels erhalten. Dann wurde das arithmetische Mittel aller Werthe jedes Winkels berechnet und »Mittel beobachteter Winkel« genannt.

Es ist wahrscheinlich, dass durch diese erschöpfende Arbeitsmethode die meisten der kleinen Abweichungen von den wirklichen Winkeln der

Salze, die durch den Einfluss der Oberfläche des Krystallisationsgefässes, durch geringe Störung des Parallelismus während der Bildung, durch sehr kleine Spuren eingeschlossener fremder Körper und anderer Störungsursachen bedingten »Wachsthumsfehler« sowie auch die noch kleineren Messungsfehler ausgeschlossen worden sind. Das angewandte Goniometer war das Fuess'sche Instrument Nr. 2a mit horizontalem Kreise. Als Signal wurde der Websky'sche Spalt gebraucht, durch ein verbessertes Zirkonlicht (der »Welsbach Incandescent Light Company«) hell erleuchtet. Alle Ablesungen des Kreises wurden zweimal vorgenommen.

Nachdem das Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalz mit dem gleichen zweiwerthigen Metalle beschrieben sind, wird jedesmal eine Vergleichungstabelle der Winkel gegeben, aus welcher das Resultat der Ersetzung von Kalium durch Rubidium und von Rubidium durch Cäsium leicht ersehen werden kann.

Um alle Zweifel betreffend die Zusammensetzung der verschiedenen Salze zu zerstreuen, wurden Analysen einiger der Krystalle jeden Salzes ausgeführt, welche den zur Messung benutzten Krystallisationen entnommen waren.

Die Sulfate des Rubidiums und Cäsiums verbinden sich sehr leicht mit jenen von Magnesium, Zink, Eisen, Mangan, Nickel, Kobalt, Kupfer und Cadmium zu den mit sechs Molekülen Wasser krystallisirenden Doppelsulfaten. Die Cäsiumsalze sind besonders schön und ihre Krystalle erlangen häufig eine beträchtliche Grösse. Die sämmtlichen 16 Doppelsalze mit Rubidium und Cäsium sind ausführlich nach der oben beschriebenen Weise gemessen worden.

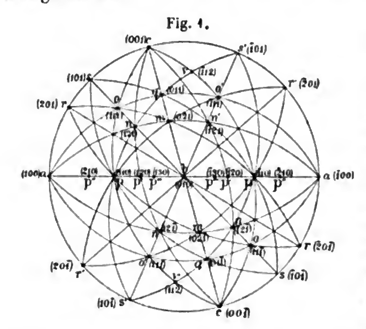
Das Kalium scheint die Salze dieser Reihe nicht so leicht wie das Rubidium und das Cäsium zu bilden. Vortreffliche Krystalle wurden nur von jenen Kaliumsalzen erhalten, welche als zweites Metall Magnesium, Zink, Eisen und Nickel enthielten, beträchtlicher waren schon die Schwierigkeiten Krystalle des Kaliumkobalt- und Kaliumkupfersalzes in dem gewünschten Grade der Vollkommenheit darzustellen, während wiederholte Anstrengungen, Krystalle des Kaliummangan- und Kaliumcadmiumsalzes zu erhalten, bisher erfolglos blieben. Murmann und Rotter (l. c.), sowie Scacchi und auch Marignac (Jahresber. 1856, 381) konnten gleichfalls das Salz $K_2Mn(SO_4)_2 . 6H_2O$ nicht darstellen; anstatt dieses Salzes wurden Krystalle erhalten, die nur $4H_2O$ enthielten, und welche folglich ganz verschieden krystallisirten. Die Krystalle, welche während dieser Arbeit erhalten worden sind, stimmen völlig mit der Beschreibung Marignac's für das letzte Salz überein. Andere Beobachter haben es ebenfalls unmöglich gefunden, das Salz $K_2Cd(SO_4)_2 . 6H_2O$ darzustellen. von Hauer (Wien. Akad.-Ber. 1885, **15**, 42) scheint einige Krystalle dieses Salzes, nebst solchen von zwei anderen Salzen von der Zusammen-

setzung $K_2Cd(SO_4)_2 . 2H_2O$ und $2K_2SO_4 . CdSO_4 . 3H_2O$ erhalten zu haben, welche aber rasch verwitterten, sobald man sie aus der Mutterlauge entfernte. Die vom Verf. erhaltenen Krystalle stimmten immer mit den Beschreibungen von Hauer's dieser beiden anderen Salze überein.

Hiernach sind 22 Salze dieser Reihe in der vorhergehend angedeuteten ausführlichen Weise gemessen worden.

Die allgemeine krystallographische Form der Reihe $R_2M(SO_4)_2 . 6H_2O$ ist in der sphärischen Projection Fig. 1 repräsentirt. Da die Unterschiede zwischen den Winkeln der verschiedenen Glieder der Reihe klein sind, $2\frac{1}{2}$ Grad im Maximum, genügt dieselbe Zeichnung für alle. Dieselbe wurde nach den Messungen eines der Rubidiumsalze gezeichnet, aus einem Grunde, welcher aus der Mittheilung der Resultate der Untersuchung hervorgehen wird.

Fig. 1.



Die Projectionsebene ist die Symmetrieebene $b\{010\}$.

Die Formen $s\{101\}$ und $s'\{\bar{1}01\}$, die beiden complementären primären Orthodomen, wurden nie an irgend einem der untersuchten Krystalle entwickelt gefunden. Sie sind aber in die sphärische Projection eingetragen worden, weil es von Interesse schien, die Winkel, welche diese möglichen primären Flächen mit anderen anliegenden Flächen bilden, für den Zweck der Vergleichstabellen zu berechnen. Mit Ausnahme dieser zwei Formen s und s' sind alle in der sphärischen Projection angegebenen Formen entwickelt gefunden worden, wenn auch nicht an einem einzelnen Krystall. Indessen zeigen die Krystalle mehrerer der Salze häufig viele dieser Formen, und einzelne Individuen sind gemessen worden, an denen sämmtliche mit Ausnahme einer oder zwei Formen von höheren Indices entwickelt waren.

Magnesiumsalze.

Schwefelsaures Kalium-Magnesium, $K_2Mg(SO_4)_2 . 6H_2O$.

Elf der am besten ausgebildeten Krystalle dieses schön krystallisirenden Salzes wurden aus zwei verschiedenen besonders guten Krystallisationen ausgewählt und gemessen, so vollständig als ihre Entwickelung es erlaubte. Ihre Grösse variirte von ungefähr 1 mm Breite und $\frac{1}{2}$ mm Länge

bis zur doppelten Grösse. Die Krystalle waren vollkommen farblos und durchsichtig, und ihre Flächen ganz eben und sehr glänzend, so dass sie meistens vortreffliche Signalbilder lieferten. Sie waren besonders frei von Verzerrung und Streifung.

Analysen anderer aus derselben Krystallisation stammender Krystalle ergaben die folgenden Zahlen:

0,6893 g gab 0,8040 g $BaSO_4$, entsprechend 40,04 % SO_3. Berechnet für $K_2Mg(SO_4)_2.6H_2O$ 39,80 %.

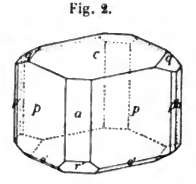
0,9170 g gab 0,2550 g $Mg_2P_2O_7$, entsprechend 10,02 % MgO. Berechnet 9,95 %.

Axenverhältniss: $a:b:c = 0,7413:1:0,4993$; $\beta = 75^0\ 12'$.

Habitus: Kurzprismatisch. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $b = \{010\}\infty R\infty$, $c = \{001\}\ 0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty R2$, $q = \{011\}R\infty$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

Der gewöhnliche Habitus der Krystalle von schwefelsaurem Kalium-Magnesium, wie sie im Laufe dieser Arbeit erhalten worden sind, ist in Fig. 2 dargestellt; ihre Combination besteht wesentlich aus einem kurzen Prisma, durch die Flächen des primären Prismas p {110} gebildet, mit der Basis c {001}; die Kanten des Prismas sind gewöhnlich durch die Flächen des Orthopinakoids a {100} und des Klinopinakoids b {010} modificirt, und zwar kann die verhältnissmässig grosse Entwickelung des Orthopinakoids als eine Charakteristik des Salzes angesehen werden, da mit Ausnahme des Kalium-Eisensalzes an keinem anderen Gliede der Reihe eine so grosse Entwickelung dieser Form beobachtet worden ist. Die Basis c ist, wie bei allen Kaliumsalzen der Reihe, bei weitem die vorherrschende Endfläche; das Orthodoma r' {$\bar{2}$01} und das Klinodoma q {011} sind gewöhnlich nur in der in der Zeichnung angedeuteten Weise entwickelt. Alle diese Formen gaben an den gemessenen Krystallen in der Regel vortreffliche Reflexe des Signals. Die Flächen der Hemipyramide o' {$\bar{1}$11} waren zwar gewöhnlich mehr oder weniger entwickelt, jedoch waren ihre Reflexe selten so scharf, wie jene der übrigen Formen. Das Hinzutreten der prismatischen Form p' {120} wurde nur zweimal beobachtet, aber mit sehr gut reflectirenden Flächen.

Fig. 2.



Die folgende Tabelle zeigt die Resultate der Messungen.

		Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
as	= (100):(101)	—	—	—	46° 8′	—
sc	= (101):(001)	—	—	—	29 4	—
ac	= (100):(001)	18	75° 0′— 75°23	75°13	75 12	1′
cs'	= (001):($\bar{1}$01)	—	—	—	38 12	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$sr' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25° 5'	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	13	63° 0'— 63° 37'	63° 20'	63 17	3'
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	10	41 17 — 41 48	41 29	41 31	2
$ap = (100):(110)$	26	35 19 — 35 54	35 38	*	—
$pp' = (110):(120)$	2	19 28 — 19 31	19 30	19 28	2
$p'b = (120):(010)$	—	—	—	34 54	—
$pb = (110):(010)$	10	54 5 — 54 29	54 20	54 22	2
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	20	71 6 — 71 29	71 18	71 16	2
$pp = (110):(\bar{1}10)$	18	108 25 — 108 52	108 42	108 44	2
$cq = (001):(011)$	42	25 38 — 25 59	25 48	*	—
$qb = (011):(010)$	10	64 5 — 64 13	64 9	64 12	3
$qq = (011):(01\bar{1})$	21	128 15 — 128 38	128 23	128 24	1
$ao = (100):(111)$	—	—	—	49 18	—
$oq = (111):(011)$	—	—	—	27 24	—
$aq = (100):(011)$	4	76 35 — 77 0	76 42	76 42	0
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	5	34 15 — 34 37	34 26	34 27	1
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	4	68 49 — 68 55	68 53	68 51	2
$co = (001):(111)$	—	—	—	34 41	—
$op = (111):(110)$	—	—	—	43 20	—
$cp = (001):(110)$	44	77 50 — 78 14	78 1	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	13	57 25 — 57 43	57 36	57 35	1
$oc' = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	13	44 8 — 44 33	44 21	44 24	3
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 12	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 48	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	2	65 12 — 65 25	65 19	65 23	4
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 37	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	1	—	49 18	49 14	4
$sq = (101):(011)$	—	—	—	38 6	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	29	86 1 — 86 21	86 9	86 11	2
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 43	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	44 58	—
$qp = (011):(110)$	30	63 44 — 63 59	63 52	63 52	0
$ps = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 10	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	1	—	34 44	34 35	9
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	6	92 40 — 92 55	92 48	92 54	6
$pr' = (110):(20\bar{1})$	8	52 18 — 52 40	52 30	52 31	1

Gesammtzahl der Messungen: 350.

Die Werthe der wenigen von Rammelsberg, Brooke und Murmann und Rotter angegebenen Winkel dieses Salzes fallen innerhalb der oben angegebenen Grenzen. Da aber nur sehr wenige Messungen gemacht worden zu sein scheinen, können sie nicht als vergleichbar mit den obigen beobachteten Mittelwerthen betrachtet werden. Der Werth des Murmann und Rotter'schen Axenwinkels β ist 75° 5'.

Schwefelsaures Rubidium-Magnesium, $Rb_2Mg(SO_4)_2.6H_2O$.

Sehr glänzende und häufig sehr grosse Krystalle werden leicht durch das Verdunsten einer Lösung erhalten, die gleiche Moleküle der beiden einfachen Salze enthält. Zehn besonders gut ausgebildete kleine Krystalle wurden aus den zwei besten Krystallisationen ausgewählt und zur Messung verwendet. Sie gaben fast immer klare, einfache und sehr helle Signalbilder.

Bestimmungen des Gehaltes an Schwefelsäure und Magnesia an Proben aus einer der beiden erwähnten Krystallisationen ergaben die folgenden Zahlen:

0,4562 g gab 0,4320 g $BaSO_4$, entsprechend 32,51 % SO_3. Berechnet 32,36.

1,2105 g gab 0,2765 g $Mg_2P_2O_7$, entsprechend 8,23 % MgO. Ber. 8,09.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7400 : 1 : 0,4975$; $\beta = 74° 1'$.

Habitus: Etwas tafelförmig nach der Basis. Beobachtete Formen: $b = \{010\}\infty R\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $q = \{011\}R\infty$, $o = \{111\}-P$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

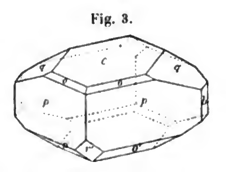


Fig. 3.

Die Ausbildung der Flächen der verhältnissmässig einfachen Krystalle dieses Salzes ist mehr oder weniger charakteristisch für sämmtliche acht Rubidium-Salze der Reihe. Ein typischer Krystall ist in Fig. 3 dargestellt. Der Habitus ist entschieden mehr tafelförmig als bei den Krystallen des Kalium-Magnesiumsalzes, obschon die Prismenflächen $p\{110\}$ noch gross ausgebildet sind. Die Basis $c\{001\}$ ist jedoch nicht so die vorherrschende Endfläche wie bei dem Kaliumsalz, da die Flächen des Klinodomas $q\{011\}$ stärker entwickelt sind, so dass die Endungen der Axe b schärfer werden und folglich die Höhe des Klinopinakoids $b\{010\}$ abnimmt. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ ist nur untergeordnet, die Flächen der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ aber sind verhältnissmässig grösser bei den Krystallen dieses Salzes, als bei jenen von schwefelsaurem Kalium-Magnesium. Ausserdem wurden die Flächen der primären Hemipyramide $o\{111\}$ beobachtet, aber nur viermal wurden zuverlässige Reflexbilder erhalten. Mit Ausnahme der letzten Form gaben in der Regel alle oben erwähnten Flächen vortreffliche Reflexe.

Die Resultate der Messungen giebt die folgende Tabelle.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	45° 25′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 36	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	74 1	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 25	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 37	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	15	63° 50′ — 64° 19′	64° 6′	64 2	4′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	44 57	—
$ap = (100):(110)$	—	—	—	35 26	—
$pp' = (110):(120)$	—	—	—	19 28	—
$p'b = (120):(010)$	—	—	—	35 6	—
$pb = (110):(010)$	18	54 20 — 54 52	54 34	54 34	0
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	20	70 46 — 70 57	70 51	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	19	109 3 — 109 14	109 8	109 9	1
$cq = (001):(011)$	40	25 30 — 25 41	25 35	*	—
$qb = (011):(010)$	18	64 18 — 64 29	64 25	64 25	0
$qq = (011):(01\bar{1})$	20	128 43 — 128 54	128 49	128 50	1
$ao = (100):(111)$	—	—	—	48 35	—
$oq = (111):(011)$	1	—	27 6	27 2	4
$aq = (100):(011)$	—	—	—	75 37	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	28	34 33 — 34 54	34 44	34 40	4
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	69 43	—
$co = (001):(111)$	4	33 55 — 34 24	34 8	34 9	1
$op = (111):(110)$	4	42 39 — 43 3	42 53	42 53	0
$cp = (001):(110)$	40	76 58 — 77 8	77 2	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	32	58 6 — 58 26	58 16	58 21	5
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	32	44 31 — 44 49	44 42	44 37	5
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 30	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 30	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	9	65 15 — 65 29	65 19	65 18	1
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 42	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	6	49 20 — 49 29	49 24	49 24	0
$sq = (101):(001)$	—	—	—	37 38	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	30	87 7 — 87 19	87 14	87 15	1
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 7	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 2	—
$qp = (011):(110)$	32	63 2 — 63 12	63 6	63 5	1
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	74 53	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	30	34° 51′ — 35° 9′	35° 0′	35° 0′	0′
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	30	92 14 — 92 33	92 22	92 18	4
$pr' = (110):(20\bar{1})$	33	52 33 — 52 48	52 40	52 42	2

Gesammtzahl der Messungen: 461.

Es ist leicht ersichtlich, wenn man die obige Tabelle mit der vorher für das Kaliumsalz gegebenen vergleicht, dass Winkelunterschiede in der That vorhanden sind; denn selbst die Grenzwerthe, welche Messungen zwischen Flächen von geringerer als der gewöhnlichen Vollkommenheit entsprechen, nähern sich einander nur sehr selten, und in jenen Fällen, in denen die Winkel beider Salze am meisten von einander abweichen, sind die Grenzwerthe derselben weit von einander entfernt.

Schwefelsaures Cäsium-Magnesium, $Cs_2Mg(SO_4)_2.6H_2O$.

Diese Verbindung bildet klare, durchsichtige und sehr glänzende Krystalle, welche häufig sehr grosse Dimensionen erreichen. Elf der vollkommensten Individuen wurden aus drei verschiedenen Krystallisationen ausgewählt und zehn davon vollständig gemessen; der letzte besass nur eine Zone von demselben Grade der Vollkommenheit, daher die anderen Zonen weggelassen wurden.

Analysen von Proben aus einer dieser drei Krystallisationen gaben die folgenden Resultate:

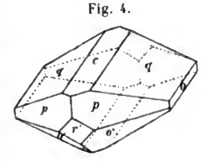
0,4583 g gab 0,3660 g $BaSO_4$, entsprechend 27,42% SO_3. Berechnet 27,12.

0,6448 g gab 0,1240 g $Mg_2P_2O_7$, entsprechend 6,93 % MgO. Berechnet 6,78.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7279 : 1 : 0,4946$; $\beta = 72° 54'$.

Habitus prismatisch. Beobachtete Formen: $b = \{010\} \infty P \infty$, $c = \{001\}$ $0P$, $p = \{110\} \infty P$, $q = \{011\} P \infty$, $o' = \{\bar{1}11\} +P$, $r' = \{\bar{2}01\} +2P\infty$.

Fig. 4.



Die Krystalle des schwefelsauren Cäsium-Magnesium weichen beträchtlich im Habitus von jenen des Kalium- und Rubidiumsalzes ab. Das Prisma $p\{110\}$ und die Basis $c\{001\}$ zeigen sich nicht mehr als die vorherrschenden Formen, die Basis wird auf einen schmalen Streifen reducirt, wie es in Fig. 4 dargestellt ist, und häufig fehlt sie ganz. Das Klinodoma $q\{011\}$ ist jetzt die vorherrschende Form, und zwar ist es so gross entwickelt, dass die Krystalle die Gestalt langer Prismen annehmen, deren Hauptflächen diejenigen von q sind. Der spitze Winkel des Prismas wird gewöhnlich durch das Klino-

pinakoid $b\{010\}$ abgestumpft, und die Enden des Prismas werden durch die mehr oder weniger gleich entwickelten Flächen des Prismas $p\{110\}$ und der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ gebildet. Die durch die zwei letzterwähnten Formen gebildete Ecke wird gewöhnlich durch das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ abgestumpft.

Es ist interessant zu beobachten, dass der Habitus des Rubidiumsalzes somit entschieden in der Mitte zwischen demjenigen des Kalium- und demjenigen des Cäsiumsalzes liegt. Es wird nachher bewiesen werden, dass dieselbe Beziehung durch die ganze Reihe hindurch gültig ist.

Die Resultate der Messungen sind in der folgenden Tabelle angegeben worden.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	44°28′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 26	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	72 54	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	39 3	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	26 7	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	15	65° 9′— 65°25′	65°15′	65 10	5′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	41 56	—
$ap = (100):(110)$	—	—	—	34 50	—
$pp' = (110):(120)$	—	—	—	19 28	—
$p'b = (120):(010)$	—	—	—	35 42	—
$pb = (110):(010)$	30	54 58 — 55 22	55 9	55 10	1
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	20	69 22 — 69 50	69 40	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	20	110 4 —110 30	110 19	110 20	1
$cq = (001):(011)$	43	24 57 — 25 34	25 16	25 17	1
$qb = (011):(010)$	33	64 32 — 64 56	64 43	*	—
$qq = (011):(01\bar{1})$	19	129 15 —129 40	129 27	129 26	1
$ao = (100):(111)$	—	—	—	47 35	—
$oq = (111):(011)$	—	—	—	27 0	—
$aq = (100):(011)$	—	—	—	74 35	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	32	35 9 — 35 34	35 22	35 17	5
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	70 8	—
$co = (001):(111)$	—	—	—	33 49	—
$op = (111):(110)$	—	—	—	42 13	—
$cp = (001):(110)$	34	75 50 — 76 14	76 2	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	36	58 35 — 59 7	58 47	58 52	5
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	31	44 54 — 45 25	45 12	45 6	6
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 53	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 7	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	28	65° 7′— 65°34′	65°20′	65°21′	1′
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 39	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	14	49 13 — 49 28	49 20	49 18	2
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 20	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	35	88 26 — 88 41	88 34	88 32	2
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 8	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 24	—
$qp = (011):(110)$	37	62 19 — 62 38	62 29	62 28	1
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	72 8	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	31	35 5 — 35 34	35 19	35 18	1
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	36	92 5 — 92 36	92 24	92 20	4
$pr' = (110):(20\bar{1})$	32	52 3 — 52 26	52 17	52 22	5

Gesammtzahl der Messungen: 526.

Es wird nun von Interesse sein, die analogen Winkel der drei bisher beschriebenen Magnesiumsalze mit einander zu vergleichen.

	Kaliumsalz:	Diff.:	Rubidiumsalz:	Diff.:	Cäsiumsalz:
$ac = (100):(001) = \beta$	75°12′	—71′	74° 1′	—67′	72°54′
$as = (100):(101)$	46 8	—43	45 25	—57	44 28
$sc = (101):(001)$	29 4	—	28 36	—	28 26
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	63 17	+45	64 2	+68	65 10
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	38 12	—	38 25	—	39 3
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	25 5	+32	25 37	+30	26 7
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	41 31	—	41 57	—	41 56
$ap = (100):(110)$	35 38	—12	35 26	—36	34 50
$pp' = (110):(120)$	19 28	—	19 28	—	19 28
$p'b = (120):(010)$	34 54	+12	35 6	+36	35 42
$pb = (110):(010)$	54 22	—	54 34	—	55 10
$cq = (001):(011)$	25 48	—13	25 35	—18	25 17
$qb = (011):(010)$	64 12	—	64 25	—	64 43
$ao = (100):(111)$	49 18	—43	48 35	—60	47 35
$oq = (111):(011)$	27 24	—	27 2	—	27 0
$aq = (100):(011)$	76 42	—65	75 37	—62	74 35
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	34 27	—	34 40	—	35 17
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	68 51	+52	69 43	+25	70 8
$co = (001):(111)$	34 41	—32	34 9	—20	33 49
$op = (111):(110)$	43 20	—	42 53	—	42 13

	Kaliumsalz:	Diff.:	Rubidiumsalz:	Diff.	Cäsiumsalz:
$cp = (001):(110)$	**78° 1'**	—59'	**77° 2'**	—60'	**76° 2'**
$po' = (110):(11\bar{1})$	57 35	—	58 21	—	58 52
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	**44 24**	+13	**44 37**	+29	**45 6**
$bo = (010):(111)$	**70 12**	+18	**70 30**	+23	**70 53**
$os = (111):(101)$	19 48	—	19 30	—	19 7
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	**65 23**	— 5	**65 18**	+ 3	**65 21**
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	24 37	—	24 42	—	24 39
$sq = (101):(011)$	**38 6**	—28	**37 38**	—18	**37 20**
$qp = (011):(\bar{1}10)$	**86 11**	+64	**87 15**	+77	**88 32**
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	55 43	—	55 7	—	54 8
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	44 58	—	45 2	—	45 24
$qp = (011):(110)$	**63 52**	—47	**63 5**	—37	**62 28**
$ps' = (110):(10\bar{1})$	**71 10**	+43	**71 53**	+15	**72 8**
$r'o' = (\bar{2}01):(11\bar{1})$	**34 35**	+25	**35 0**	+18	**35 18**
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	92 54	—	92 18	—	92 20
$pr' = (110):(20\bar{1})$	**52 31**	+11	**52 42**	—20	**52 22**

Bei der nahen Uebereinstimmung zwischen den Mitteln der beobachteten und den berechneten Winkeln ist es zwar unwichtig, welche Werthe in der Vergleichungstabelle gebraucht werden, da es aber wahrscheinlich ist, dass die Werthe, welche aus den drei am besten gemessenen Winkeln berechnet worden sind, in jenen Fällen, wo die Winkel durch verhältnissmässig schlechtere Flächen gebildet worden sind, der Wahrheit näher kommen, so sind die berechneten Werthe in der Vergleichstabelle gegeben.

Die fetter gedruckten Winkel sind als primäre bestimmende Winkel betrachtet worden, die anderen folgen natürlich daraus. Die Differenzen für diese primären Winkel sind beigesetzt, positiv wenn eine Zunahme und negativ wenn eine Abnahme vorkommt beim Uebergang von Kalium zu Cäsium.

Wenn man die Werthe des Fundamentalwinkels (001):(100) vergleicht, bemerkt man die folgenden Thatsachen:

1) *Der Werth des Axenwinkels β für das Rubidiumsalz liegt in der Mitte zwischen den Werthen des Axenwinkels bei dem Kalium- und Cäsiumsalz.*

Da die Unterschiede zwischen den Atomgewichten des Kaliums (39), Rubidiums (85) und Cäsiums (133) 46 resp. 48 sind, so sieht man weiter:

2) *Die relativen Beträge der Veränderung, welche im Axenwinkel β durch die Ersetzung des Kaliums durch Ru-*

bidium, und des Rubidiums durch Cäsium, hervorgebracht wird, stehen in demselben Verhältniss wie die relativen Unterschiede zwischen den Atomgewichten der ausgetauschten Metalle.

Da die oben gegebenen Winkelwerthe, wie gewöhnlich, die goniometrischen Winkel zwischen den Normalen zu den Flächen der Krystalle sind, so werden die wirklichen Werthe des Axenwinkels bei dem Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalz 104° 48′, resp. 105° 59′ und 107° 6′. Daraus folgt weiter:

3) Der Axenwinkel β nimmt mit der Zunahme des Atomgewichts des Alkalimetalls zu.

Betrachtet man jetzt die übrigen Winkel, so sieht man, dass unter den 36 verglichenen Winkeln 31 von denjenigen des Rubidiumsalzes zwischen den analogen des Kalium- und des Cäsiumsalzes liegen. Die anderen fünf Winkel betreffen Fälle, in denen mehr oder weniger Neutralität hervorgebracht wird dadurch, dass die Veränderungen in den Werthen der anliegenden Winkel nach entgegengesetzten Richtungen stattfinden. So im ersten Fall, *r′a*, wo die Veränderungen bei den supplementären Winkeln *ac* und *cr′* von verschiedenen Vorzeichen sind. Die nächsten zwei Fälle *bo′* und *o′s′* zeigen so kleine Differenzen, dass man sie ausser Betracht lassen kann. Die zwei überbleibenden Fälle, *o′p* und *pr′*, gehören einer Zone [*po′r′*] an, deren Winkel die Resultate der verschiedene Vorzeichen besitzenden Veränderungen der umgebenden primären Winkel sind; es wird später gezeigt werden, dass die Winkel dieser Zone bei anderen Salzen der Reihe sich bald nach der Regel und bald anders verändern, und häufig liegen die Werthe so nahe zusammen, dass sie sich den Fehlergrenzen nähern. Also kann man weiter sagen:

4) Die Werthe aller Winkel des Rubidiumsalzes liegen zwischen den Werthen der analogen Winkel des Kalium- und Cäsiumsalzes, mit sehr wenigen Ausnahmen, in denen mehr oder weniger Neutralität dadurch hervorgebracht wird, dass die Veränderungen der anliegenden Winkel in verschiedenen Richtungen stattfinden.

Die Regel directer Proportionalität zu der Veränderung des Atomgewichtes, welche im Falle des Axenwinkels beobachtet wurde, ergiebt sich nicht als im Allgemeinen anwendbar. Die grösste Abweichung davon wird bei der Prismenzone [*apb*] bemerkt, worin die Ersetzung des Rubidiums durch das schwere Cäsiumatom von einer dreimal so grossen Veränderung begleitet ist, als diejenige, welche bei der Ersetzung des leichten Kaliumatoms durch Rubidium beobachtet wird. Die Differenzen für den Winkel *ap* (oder sein Complement *pb*) sind resp. 12′ und 36′. Also:

5) Die relativen Beträge der Veränderung der Winkel ausser

dem Axenwinkel sind selten in directem Verhältniss zu den Veränderungen des Atomgewichtes. Das Maximum der Abweichung von der Proportionalität wird bei der Prismenzone beobachtet, worin die Beträge der Veränderung das Verhältniss 1 : 3 zeigen.

Es ist ferner betreffs der Winkeldifferenzen zu bemerken:

6) Die Grösse der Differenzen zwischen den meisten der Winkelwerthe des Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalzes ist ausserordentlich gross, häufig einen ganzen Grad überschreitend, und zeigt an, dass die Alkalimetalle einen vorherrschenden bestimmenden Einfluss auf die geometrische Gestalt der Krystalle dieser Doppelsulfate ausüben.

Es wird endlich interessant sein, die Axenverhältnisse der drei Salze zu vergleichen.

Für schwefelsaures	Kalium-Magnesium	$a : b : c =$	0,7413 : 1 : 0,4993
-	-	Rubidium	-	-	0,7400 : 1 : 0,4975
-	-	Cäsium	-	-	0,7279 : 1 : 0,4946.

Wie ersichtlich, fallen die Elemente des Rubidiumsalzes zwischen diejenigen des Kalium- und Cäsiumsalzes; jedoch sind die Differenzen nur klein. Die Ursache davon ist offenbar. Werde z. B. das Verhältniss $a : b$ betrachtet: dieses wird am bequemsten aus der Formel $\frac{a}{b} = \operatorname{tang} \Theta$, wo $\cos \Theta = \operatorname{cotang} cp \operatorname{tang} ac$, berechnet; die beiden Winkel cp und ac nehmen beim Uebergang vom Kalium- zum Cäsiumsalz ab; ihre Cotangente nimmt also zu, während die Tangente abnimmt. Demnach wird die Zunahme der einen mehr oder weniger neutralisirt durch die Abnahme der anderen, und folglich wird der Werth von Θ und daher auch der des Verhältnisses $a : b$ nur wenig verändert.

Diese Thatsache wird vielleicht noch klarer durch eine Verweisung auf den Krystall selbst. Die relativen Längen der Axen a und b werden durch die Lage des Prismas $p\{110\}$ bestimmt. Beim Uebergange von dem Kalium- nach dem Cäsiumsalz nimmt die innere Neigung dieser Ebene p gegen das Klinopinakoid, und daher gegen die Axe a, ab; also wird die Länge dieser Axe a kleiner in Beziehung auf diejenige von b, d. h. das Verhältniss $a : b$ nimmt ab. Gleichzeitig aber nimmt die innere Neigung der Basis $c\{001\}$ zum Orthopinakoid und folglich diejenige der Axe a gegen die Verticalaxe c zu; diese Bewegung der Axe a verursacht eine Zunahme ihrer Länge, die durch die Ebene p begrenzt wird, und da die Symmetrieaxe b bei 90° fest bleibt, ist der Erfolg natürlich eine Zunahme des Verhältnisses $a : b$. Es ist daher nur die Differenz zwischen diesen beiden entgegengesetzten Wirkungen, welche eine Veränderung der Verhältnisse hervorzubringen im Stande ist.

Eine gleiche Erklärung gilt für das Verhältniss $c:b$.

Diese Thatsachen leiten zu dem folgenden Satz:

7) Eine Vergleichung der Axenverhältnisse gewährt keine vollständige Angabe der Veränderung, welche durch die Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein anderes in dieser isomorphen Reihe hervorgebracht wird, da gleichzeitig Veränderungen der Neigungen der bestimmenden Ebenen vorkommen. Die Winkel selbst geben allein ein vollkommenes Bild der Veränderung der äusseren geometrischen Gestalt.

Zinksalze.

Schwefelsaures Kalium-Zink, $K_2Zn(SO_4)_2.6H_2O$.

Zwölf aus fünf verschiedenen Krystallisationen stammende Krystalle dieses schönen Salzes wurden untersucht. Zehn davon waren vortrefflich ausgebildet und wurden vollständig gemessen. Von den beiden anderen wurden nur einige gute Zonen zur Messung gebraucht; der Rest der Zonen war weniger vollkommen und wurde daher weggelassen.

Analysen einer Probe aus einer dieser Krystallisationen ergaben die folgenden Zahlen:

0,7868 g gab 0,8215 g $BaSO_4$, entsprechend 35,85% SO_3. Berechnet 36,12.

0,7593 g gab 0,1400 g ZnO, entsprechend 18,44% ZnO. Berechnet 18,28.

Axenverhältniss: $a:b:c = 0,7413:1:0,5044$; $\beta = 75^0\ 12'$.

Habitus: Kurzprismatisch. Beobachtete Formen: $b = \{010\}\infty R\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty R2$, $q = \{011\}R\infty$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

Fig. 5.

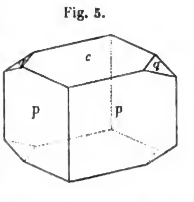
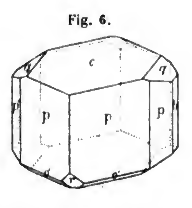


Fig. 6.



Die Krystalle mancher Krystallisationen dieses Salzes waren sehr einfach; sie bestanden nur aus den wenigen in Fig. 5 dargestellten Formen. Gewöhnlich nahmen sie die Gestalt von dicken, farblosen und durchsichtigen Prismen an, die durch die Flächen des primären Prismas $p\{110\}$ und der Basis $c\{001\}$ gebildet wurden, und wie bei den Krystallen des schwefelsauren Kalium-Magnesiums durch die Flächen des Klinodomas q $\{011\}$ unbedeutend modificirt. Die von diesen sämmtlich glänzenden Flächen

gegebenen Reflexe waren hell und gut definirt. Das Klinopinakoid $b\{010\}$ war gewöhnlich vorhanden, jedoch nur schmal und häufig bloss eine Linie; seine Reflexe aber, wenn sichtbar, waren immer gut.

Bei anderen Krystallisationen wurden mehr Formen beobachtet, wie in Fig. 6 gezeigt ist, doch war der Habitus ein sehr ähnlicher. Die prismatische Form $p'\{120\}$ war häufig stärker, und zuweilen ganz so entwickelt wie die Flächen des primären Prismas selbst; ausserdem waren ihre Reflexe besonders hell und scharf. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ war in der Regel klein aber glänzend. Die Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ war nur selten entwickelt, und noch seltener waren ihre Reflexe gut.

Die Resultate der Messungen sind in der folgenden Tabelle gegeben.

		Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
as	$= (100):(101)$	—	—	—	45°56′	—
sc	$= (101):(001)$	—	—	—	29 16	—
ac	$= (100):(001)$	—	—	—	75 12	—
cs'	$= (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 32	—
$s'r'$	$= (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 6	—
cr'	$= (001):(\bar{2}01)$	12	63°34′— 63°42′	63°38′	63 38	0′
$r'a$	$= (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	41 10	—
ap	$= (100):(110)$	—	—	—	35 37	—
pp'	$= (110):(120)$	18	19 18 — 19 35	19 23	19 28	5
$p'b$	$= (120):(010)$	11	34 50 — 35 5	34 58	34 55	3
pb	$= (110):(010)$	24	54 15 — 54 32	54 23	54 23	0
pp	$= (110):(1\bar{1}0)$	24	71 8 — 71 26	71 14	*	—
pp	$= (110):(\bar{1}10)$	24	108 36 — 108 53	108 46	108 46	0
cq	$= (001):(011)$	15	25 38 — 26 14	25 57	25 58	1
qb	$= (011):(010)$	24	63 56 — 64 14	64 2	*	—
qq	$= (011):(01\bar{1})$	20	127 56 — 128 28	128 6	128 4	2
ao	$= (100):(111)$	—	—	—	49 10	—
oq	$= (111):(011)$	—	—	—	27 34	—
aq	$= (100):(011)$	—	—	—	76 44	—
qo'	$= (011):(\bar{1}11)$	3	34 35 — 34 45	34 40	34 42	2
$o'a$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	68 34	—
co	$= (001):(111)$	—	—	—	34 54	—
op	$= (111):(110)$	—	—	—	43 7	—
cp	$= (001):(110)$	42	77 55 — 78 9	78 1	*	—
po'	$= (110):(11\bar{1})$	7	57 6 — 57 38	57 18	57 14	4
$o'c$	$= (11\bar{1}):(00\bar{1})$	7	44 23 — 44 51	44 41	44 45	4
bo	$= (010):(111)$	—	—	—	70 5	—
os	$= (111):(101)$	—	—	—	19 55	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	1	—	65° 16′	65° 13′	3′
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 47	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	—	—	—	49 34	—
$sq = (101):(011)$	—	—	—	38 21	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	36	86° 0′— 86° 13′	86 5	86 5	0
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 34	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 19	—
$qp = (011):(110)$	35	63 43 — 63 57	63 49	63 47	2
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	70 54	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	3	34 43 — 34 56	34 48	34 42	6
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	3	92 46 — 93 4	92 57	93 2	5
$pr' = (110):(20\bar{1})$	21	52 11 — 52 22	52 15	52 16	1

Gesammtzahl der Messungen: 360.

Einige Messungen an Krystallen dieses Salzes sind von Rammelsqerg und Teschemacher ausgeführt worden. Das Axenverhältniss nach Rammelsberg (Kryst.-phys. Chemie) ist $a:b:c = 0{,}7446:1:0{,}5098$. Etwa die Hälfte der wenigen gemessenen Winkel fallen innerhalb der oben angegebenen Grenzen, die anderen eben ausserhalb.

Schwefelsaures Rubidium-Zink, $Rb_2Zn(SO_4)_2.6H_2O$.

Schwefelsaures Rubidium-Zink krystallisirt gut und bildet häufig grosse Individuen. Die Krystalle sind denjenigen des Kalium-Zinksalzes ähnlich. Zehn vortreffliche Proben von bequemer kleiner Grösse wurden für die Messung aus vier verschiedenen Krystallisationen ausgewählt.

Analysen anderer Proben aus einer der vier Krystallisationen gaben die folgenden Resultate:

1,0740 g gab 0,9300 g $BaSO_4$, entsprechend 29,73 % SO_3. Berechnet 29,91.

0,8805 g gab 0,1325 g ZnO, entsprechend 15,05 % ZnO. Berechnet 15,14.

Axenverhältniss: $a:b:c = 0{,}7373::1:0{,}5011$; $\beta = 74^\circ 7'$.

Habitus: Tafelförmig oder kurzprismatisch. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $b = \{010\}\infty P\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty P2$, $q = \{011\}P\infty$, $o = \{111\}-P$, $o'\ \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$, $n = \{121\}-2P2$.

Der Habitus der Krystalle des schwefelsauren Rubidium-Zinks ist demjenigen des analogen Kaliumsalzes sehr ähnlich. Das primäre Prisma $p\ \{110\}$ und die Basis $c\ \{001\}$ sind, wie bei dem erwähnten Salz, die vorherrschen-

den Ebenen; aber die Flächen der Basis sind verhältnissmässig kleiner und diejenigen des Klinodomas $q\{011\}$ grösser beim Rubidiumsalz als beim Kaliumsalz. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ und das Klinopinakoid $b\{010\}$ sind ebenfalls vorhanden, wie in Fig. 7 dargestellt ist, und gewöhnlich grösser ausgebildet als an den Krystallen des Kaliumsalzes. Die von allen diesen Formen gegebenen Reflexe waren beinahe immer hell und scharf.

Fig. 7.

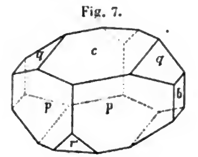
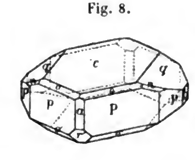


Fig. 8.



Bei mehreren Krystallisationen wiesen die Krystalle einen mehr oder weniger tafelförmigen Habitus auf, wie er in Fig. 8 dargestellt ist, in Folge einer Verkürzung der Prismenzone. Die Flächen der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ waren nicht immer vorhanden und dann mehr als gewöhnlich uneben, und gaben Reflexe, die weit unter dem Durchschnitt waren. An einigen Krystallen dieses Habitus wurde das Orthopinakoid $a\{100\}$ beobachtet, aber schmal. Die prismatische Form $p'\{120\}$ trat ebenfalls manchmal hinzu. Ausser diesen Formen wurden zwei andere, aber nur an einigen der gemessenen Krystalle beobachtet, nämlich die primäre Hemipyramide $o\{111\}$ und die Hemipyramide $n\{121\}$. Stets gaben diese seltenen Flächen scharfe Reflexe.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Messungen.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	45° 16′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 51	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	74 7	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 45	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 35	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	17	64° 7′ — 64° 25	64° 18′	64 20	2′
$ra' = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	44 33	—
$ap = (100):(110)$	8	35 15 — 35 28	35 22	*	—
$pp' = (110):(120)$	3	19 23 — 19 39	19 33	19 28	5
$p'b = (120):(010)$	1	—	35 16	35 10	6
$pb = (110):(010)$	28	54 26 — 54 46	54 38	54 38	0
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	20	70 41 — 70 49	70 44	70 44	0
$pp = (110):(\bar{1}10)$	20	109 10 — 109 19	109 16	109 16	0
$cq = (001):(011)$	40	25 35 — 25 51	25 44	*	—
$qb = (011):(010)$	28	64 9 — 64 22	64 15	64 16	1
$qq = (011):(01\bar{1})$	20	128 24 — 128 39	128 31	128 32	1

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$ao = (100):(111)$	3	48° 23′ — 48° 30′	48° 27′	48° 27′	0′
$oq = (111):(011)$	3	27 9 — 27 23	27 17	27 17	0
$aq = (100):(011)$	3	75 39 — 75 46	75 43	75 44	1
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	7	34 53 — 35 6	34 58	34 55	3
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	2	69 14 — 69 19	69 17	69 21	4
$co = (001):(111)$	6	34 18 — 34 29	34 23	34 24	1
$op = (111):(110)$	6	42 40 — 42 49	42 43	42 42	1
$cp = (001):(110)$	40	77 0 — 77 13	77 6	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	15	57 43 — 58 2	57 52	57 59	7
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	15	44 51 — 45 12	45 2	44 55	7
$bn = (010):(121)$	—	—	—	54 33	—
$no = (121):(111)$	—	—	—	15 51	—
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 24	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 36	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	5	64 53 — 65 24	65 9	65 13	4
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 47	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	—	—	—	49 34	—
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 54	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	40	87 1 — 87 12	87 6	87 7	1
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 59	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 22	—
$qn = (011(:(121)$	4	26 25 — 26 39	26 35	26 33	2
$np = (121):(110)$	4	36 25 — 36 41	36 33	36 33	0
$qp = (011):(110)$	40	63 2 — 63 12	63 6	63 6	0
$ps = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 32	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	11	34 51 — 35 1	34 57	35 1	4
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	12	92 31 — 92 41	92 36	92 36	0
$pr' = (110):(20\bar{1})$	30	52 19 — 52 32	52 25	52 23	2

Gesammtzahl der Messungen: 431.

Schwefelsaures Cäsium-Zink, $Cs_2Zn(SO_4)_2 . 6H_2O$.

Dieses ist eines der schönsten Salze der ganzen Reihe. Es krystallisirt leicht aus Lösungen gleicher Moleküle der beiden constituirenden Sulfate in glänzenden, farblosen, durchsichtigen und häufig sehr grossen und schweren Krystallen, welche gewöhnlich die Gestalt von flachen Prismen annehmen. Zwölf Krystalle aus fünf verschiedenen Krystallisationen wurden zu den Messungen benutzt; zehn waren durchaus vortrefflich und

wurden vollständig gemessen, die anderen zwei aber nur in gewissen Zonen, die frei von Streifung und Krümmung waren.

Analysen von Proben aus einer dieser Krystallisationen gaben folgende Zahlen:

0,6595 g gab 0,4895 g $BaSO_4$, entsprechend 25,48% SO_3. Berechnet 25,36.

0,9015 g gab 0,1165 g ZnO, entsprechend 12,92% ZnO. Berechnet 12,84.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7274 : 1 : 0,4960$; $\beta = 72^\circ 59'$.

Habitus: Flachprismatisch. Beobachtete Formen: $b = \{010\}\infty R\infty$. $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $q = \{011\}R\infty$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$, $n' = \{\bar{1}21\}+2R2$.

Das schwefelsaure Cäsium-Zink weicht beträchtlich vom schwefelsauren Kalium- und Rubidium-Zink ab, wie aus einer Vergleichung der Figg. 9 und 10 mit den jene Salze darstellenden Figuren leicht zu ersehen ist. Der verhältnissmässig kleineren Entwicklung der Flächen des Prismas $p\{110\}$ wegen sind das Klinodoma $q\{011\}$ und die Basis $c\{001\}$ die Hauptflächen, und da diese häufig verlängert sind, geben sie den Krystallen ihren flachen prismatischen Habitus. Die Grösse der Basis variirte sehr bei verschiedenen Krystallisationen, zuweilen ist sie etwas vorherrschend wie in Fig. 9, häufiger aber auf schmale Streifen reducirt, wie in Fig. 10 dargestellt ist, und wie auch bei dem Cäsium-Magnesiumsalz beobachtet wurde. Bei den Krystallen von schwefelsaurem Cäsium-Zink wurde ferner bemerkt, dass, wenn ihre Breite beträchtlich war, die Flächen der Basis mehr oder weniger Krümmung aufwiesen; ausgewählt wurden solche Krystalle, welche möglichst wenig von dieser Unvollkommenheit zeigten und im Wesentlichen einfache scharfe Reflexe lieferten. Die Flächen des Klinodomas q gaben in der Regel vortreffliche Reflexe und häufig waren sie die vorherrschenden Ebenen. Die Prismenflächen p gaben ebenfalls sehr gut definirte Reflexe. Die Flächen der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ waren oft von derselben Grösse wie diejenigen des Prismas p, doch gaben sie nur selten so gute Reflexe. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ besass gewöhnlich ungefähr die Grösse wie in den Figuren angedeutet ist. Das Klinopinakoid $b\{010\}$ war nicht immer vorhanden, und wenn ausgebildet, war es nur klein, aber es gab scharfe Reflexe. An einem der gemessenen Krystalle wurde die Hemipyramide $n'\{\bar{1}21\}$ beobachtet, ihre Reflexe aber waren zu verzerrt, um zuverlässige Werthe zu gewähren.

Fig. 9.

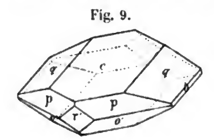
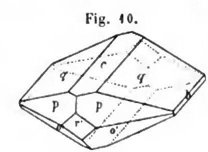


Fig. 10.



Die folgenden Winkelmessungen wurden erhalten.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$a\,s = (100):(101)$	—	—	—	44°28′	—
$s\,c = (101):(001)$	—	—	—	28 31	—
$a\,c = (100):(001)$	—	—	—	72 59	—
$c\,s' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	39 9	—
$s'\,r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	26 6	—
$c\,r' = (001):(\bar{2}01)$	13	65°10′— 65°20′	65°17′	65 15	2′
$r'\,a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	41 46	—
$a\,p = (100):(110)$	—	—	—	34 51	—
$p\,p' = (110):(120)$	—	—	—	19 28	—
$p'\,b = (120):(010)$	—	—	—	35 41	—
$p\,b = (110):(010)$	16	55 3 — 55 15	55 9	55 9	0
$p\,p = (110):(1\bar{1}0)$	24	69 36 — 69 58	69 43	*	—
$p\,p = (110):(\bar{1}10)$	24	110 0 —110 26	110 17	110 17	0
$c\,q = (001):(011)$	45	25 3 — 25 46	25 23	*	—
$q\,b = (011):(010)$	12	64 23 — 64 56	64 36	64 37	1
$q\,q = (011):(01\bar{1})$	23	129 2 —129 28	129 13	129 14	1
$a\,o = (100):(111)$	—	—	—	47 37	—
$o\,q = (111):(011)$	—	—	—	27 3	—
$a\,q = (100):(011)$	—	—	—	74 40	—
$q\,o' = (011):(\bar{1}11)$	31	35 14 — 35 39	35 26	35 21	5
$o'\,a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	69 59	—
$c\,o = (001):(111)$	—	—	—	33 54	—
$o\,p = (111):(110)$	—	—	—	42 12	—
$c\,p = (001):(110)$	40	75 49 — 76 25	76 6	*	—
$p\,o' = (110):(11\bar{1})$	36	58 14 — 58 54	58 34	58 42	8
$o'\,c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	36	45 3 — 45 37	45 19	45 12	7
$b\,o = (010):(111)$	—	—	—	70 51	—
$o\,s = (111):(101)$	—	—	—	19 9	—
$b\,o' = (010):(\bar{1}11)$	11	65 4 — 65 31	65 17	65 19	2
$o'\,s' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 41	—
$o'\,o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	12	49 19 — 49 34	49 25	49 22	3
$s\,q = (101):(011)$	—	—	—	37 27	—
$q\,p = (011):(\bar{1}10)$	40	88 12 — 88 39	88 23	88 24	1
$p\,s = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 9	—
$s'\,q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 31	—
$q\,p = (011):(110)$	41	62 19 — 62 44	62 34	62 29	5
$p\,s' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	72 0	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	20	35° 7'— 35°31'	35°18'	35°19'	1'
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	21	92 23 — 92 39	92 30	92 25	5
$pr' = (110):(20\bar{1})$	24	52 4 — 52 18	52 10	52 16	6

Gesammtzahl der Messungen: 469.

Eine tabellarische Vergleichung der Winkel der Zink enthaltenden Salze giebt die folgende Zusammenstellung.

	Kalium-salz:	Diff.:	Rubidium-salz:	Diff.:	Cäsium-salz:
$ac = (100):(001) = \beta$	75°12'	—65'	74° 7'	—68'	72°59'
$as = (100):(101)$	45 56	—40	45 16	—48	44 28
$sc = (101):(001)$	29 16	—	28 51	—	28 31
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	63 38	+42	64 20	+55	65 15
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	38 32	—	38 45	—	39 9
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	25 6	+29	25 35	+31	26 6
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	41 10	—	41 33	—	41 46
$ap = (100):(110)$	35 37	—15	35 22	—31	34 51
$pp' = (110):(120)$	19 28	—	19 28	—	19 28
$p'b = (120):(010)$	34 55	+15	35 10	+31	35 41
$pb = (110):(010)$	54 23	—	54 38	—	55 9
$cq = (001):(011)$	25 58	—14	25 44	—21	25 23
$qb = (011):(010)$	64 2	—	64 16	—	64 37
$ao = (100):(111)$	49 10	—43	48 27	—50	47 37
$oq = (111):(011)$	27 34	—	27 17	—	27 3
$aq = (100):(011)$	76 44	—60	75 44	—64	74 40
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	34 42	—	34 55	—	35 21
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	68 34	+47	69 21	+38	69 59
$co = (001):(111)$	34 54	—30	34 24	—30	33 54
$op = (111):(110)$	43 7	—	42 42	—	42 12
$cp = (001):(110)$	78 1	—55	77 6	—60	76 6
$po' = (110):(11\bar{1})$	57 14	—	57 59	—	58 42
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	44 45	+10	44 55	+17	45 12
$bo = (010):(111)$	70 5	+19	70 24	+27	70 51
$os = (111):(101)$	19 55	—	19 36	—	19 9
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	65 13	0	65 13	+ 6	65 19
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	24 47	—	24 47	—	24 41
$sq = (101):(011)$	38 21	—27	37 54	—27	37 27
$qp = (011):(\bar{1}10)$	86 5	+62	87 7	+77	88 24
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	55 34	—	54 59	—	54 9

	Kalium-salz:	Diff.:	Rubidium-salz:	Diff.:	Cäsium-salz:
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	45° 19′	—	45° 22′	—	45° 31′
$qp = (011):(110)$	63 47	—41′	63 6	—37′	62 29
$ps' = (110):(10\bar{1})$	70 54	+38	71 32	+28	72 0
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	34 42	+19	35 1	+18	35 19
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	93 2	—	92 36	—	92 25
$pr' = (110):(20\bar{1})$	52 16	+ 7	52 23	— 7	52 16

Es geht aus dieser Tabelle hervor, dass die die Winkeldifferenzen betreffenden Regeln, welche bei dem Magnesium enthaltenden Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalz gefunden wurden, noch unbedingter bei den drei Zink enthaltenden Salzen erfüllt werden.

Der Werth des Axenwinkels β ist wieder beim schwefelsauren Rubidium-Zink ungefähr das Mittel zwischen demjenigen des Kaliumsalzes und des Cäsiumsalzes. Folglich stehen die Differenzen (65′ und 68′) in gradem Verhältniss zur Atomgewichtsveränderung. Von den anderen 35 Winkeln folgen 32 der Regel, dass die Werthe der Winkel beim Rubidiumsalz zwischen den Werthen der analogen Winkel bei dem Kalium- und Cäsiumsalz liegen. Zwei von den drei Ausnahmen kommen, wie bei den Magnesiumsalzen, bei den in der neutralen Zone liegenden Winkeln bo' und $o's'$ vor; die dritte pr', ebenfalls eine Ausnahme bei den Magnesiumsalzen, gehört zu der untergeordneten Zone $[po'r']$, in welcher die Veränderung nur klein ist. Ausserdem sind die Differenzen bei diesen Winkeln sehr klein, im Maximum nur 7′, so dass sie sich den Fehlergrenzen nähern.

Die grösste Abweichung von der directen Proportionalität zur Atomgewichtsänderung kommt wieder in der Prismenzone vor. Die Beträge der Veränderung für den Winkel ap (15′ und 31′) zeigen das Verhältniss 1 : 2.

Die Aenderungen der Axenverhältnisse sind wieder sehr klein:

Beim schwefelsaurem Kalium-Zink $a : b : c = 0,7413 : 1 : 0,5044$
- - Rubidium - $a : b : c = 0,7373 : 1 : 0,5011$
- - Cäsium - $a : b : c = 0,7274 : 1 : 0,4960$.

Wenn die Verhältnisse des Rubidiumsalzes auch zwischen den Verhältnissen des Kalium- und Cäsiumsalzes stehen, so sind die Differenzen doch so klein, dass die daraus gezogenen Schlussfolgerungen nicht so hoch geschätzt werden können als diejenigen, welche aus den Winkeln selbst hergeleitet werden.

Eisenoxydulsalze.

Schwefelsaures Kalium-Eisenoxydul, $K_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$.

Vortreffliche Krystalle dieses wohlbekannten Salzes wurden durch langsames Verdunsten in Vacuum erhalten. Sie verwitterten ziemlich rasch an

der Luft und mussten folglich so schnell wie möglich nach der Entfernung aus der Mutterlauge gemessen werden. Zehn besonders schöne aus vier verschiedenen Krystallisationen ausgewählte Krystalle wurden zur Messung verwendet. Sie waren ganz klar und durchsichtig, besassen eine schwachgrüne Farbe und sehr glänzende Flächen.

Analysen von Proben, aus einer der vier oben erwähnten Krystallisationen, gaben die folgenden Zahlen:

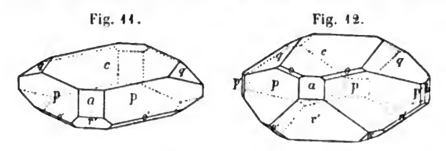
0,8657 g gab 0,9240 g $BaSO_4$, entsprechend 36,65 % SO_3. Berechnet 36,87.

1,4250 g gab 0,2645 g Fe_2O_3, entsprechend 16,70 % FeO. Berechnet 16,59.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7377 : 1 : 0,5020$; $\beta = 75^0\,28'$.

Habitus: Tafelförmig oder kurzprismatisch. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $b = \{010\}\infty R\infty$, $c = \{001\}\,0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty R2$, $q = \{011\}R\infty$, $o = \{111\}-P$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\} +2P\infty$, $n' = \{\bar{1}21\} +2R2$.

An den untersuchten Krystallen waren die Flächen der Basis $c\{001\}$ die vorherrschenden Ebenen, wie in Fig. 11 dargestellt ist, und gaben den



Krystallen ihren tafelförmigen Habitus. Die Prismenflächen $p\{110\}$ waren ebenfalls herrschend und ihre Reflexe waren besonders klar und scharf definirt. Die Flächen des Klinodomas $q\{011\}$, wie bei den meisten der Kalium enthaltenden Salze der Reihe, waren gewöhnlich klein, doch waren ihre Reflexe gut. In einigen Krystallisationen aber waren die Klinodomenflächen etwas grösser, wie in Fig. 12 gezeichnet ist. Bei diesen Krystallisationen war auch das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ häufig besser ausgebildet, als bei den Magnesium oder Zink enthaltenden Salzen. Zuweilen zeigten sich die Flächen der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ besonders gut entwickelt und dann gaben sie vortreffliche Signalbilder; häufiger aber waren die Flächen dieser Form klein und etwas gekrümmt. Das Orthopinakoid $a\{100\}$ war in der Regel so gross ausgebildet, wie in den Figuren dargestellt ist, und gab gute Reflexe; das Klinopinakoid $b\{010\}$ aber war nur dreimal so gut ausgebildet, um zuverlässige Reflexe zu liefern. Flächen der primären Hemipyramide $o\{111\}$ wurden an einem Krystall entdeckt, jedoch waren die erhaltenen Signalbilder zu schwach, um ihre Lage festzustellen. Die prismatische Form $p'\{120\}$ wurde ebenfalls einmal beobachtet und gab ein scharfes Bild des

Signals. Flächen der Hemipyramide n' $\{\bar{1}21\}$ kamen an mehreren Krystallen vor und lieferten zuweilen ziemlich helle und scharfe Reflexe.

Die Resultate der Messungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

		Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
as	$= (100):(101)$	—	—	—	46° 9′	—
sc	$= (101):(001)$	—	—	—	29 19	—
ac	$= (100):(001)$	16	75° 23′ — 75° 32′	75° 28′	75 28	0′
cs'	$= (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 23	—
$s'r'$	$= (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	24 58	—
cr'	$= (001):(\bar{2}01)$	19	63 10 — 63 25	63 20	63 21	1
$r'a$	$= (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	15	41 5 — 41 18	41 12	41 11	1
ap	$= (100):(110)$	32	35 22 — 35 48	35 36	*	—
pp'	$= (110):(120)$	1	—	19 28	19 28	0
$p'b$	$= (120):(010)$	1	—	34 57	34 56	1
pb	$= (110):(010)$	8	54 15 — 54 31	54 23	54 24	1
pp	$= (110):(1\bar{1}0)$	20	70 56 — 71 21	71 13	71 12	1
pp	$= (110):(\bar{1}10)$	20	108 40 — 109 3	108 47	108 48	1
cq	$= (001):(011)$	40	25 40 — 26 6	25 56	*	—
qb	$= (011):(010)$	8	63 48 — 64 17	64 4	64 4	0
qq	$= (011):(01\bar{1})$	20	128 0 — 128 32	128 8	128 8	0
ao	$= (100):(111)$	—	—	—	49 21	—
oq	$= (111):(011)$	—	—	—	27 37	—
aq	$= (100):(011)$	20	76 48 — 77 8	76 58	76 58	0
qo'	$= (011):(\bar{1}11)$	23	34 16 — 34 47	34 32	34 35	3
$o'a$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	21	68 15 — 68 47	68 29	68 27	2
co	$= (001):(111)$	—	—	—	34 56	—
op	$= (111):(110)$	—	—	—	43 17	—
cp	$= (001):(110)$	40	78 5 — 78 21	78 13	*	—
po'	$= (110):(11\bar{1})$	34	57 0 — 57 32	57 11	57 13	2
$o'c$	$= (11\bar{1}):(00\bar{1})$	34	44 16 — 44 59	44 35	44 34	1
bo	$= (010):(111)$	—	—	—	70 6	—
os	$= (111):(101)$	—	—	—	19 54	—
bn'	$= (010):(\bar{1}21)$	1	—	47 23	47 26	3
$n'o'$	$= (\bar{1}21):(\bar{1}11)$	2	17 54 — 17 56	17 55	17 54	1
bo'	$= (010):(\bar{1}11)$	8	65 9 — 65 29	65 20	65 20	0
$o's'$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 40	—
$o'o'$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	11	49 16 — 49 47	49 28	49 20	8

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.
$sq = (101):(011)$	—	—	—	38° 22′	—
$qn' = (011):(\bar{1}21)$	5	34° 36′ — 35° 57′	35° 22′	35 24	2′
$n'p = (\bar{1}21):(\bar{1}10)$	5	50 0 — 51 9	50 32	50 31	1
$qp = (011):(\bar{1}10)$	35	85 41 — 86 9	85 55	85 55	0
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 43	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 10	—
$qp = (011):(110)$	37	63 53 — 64 20	64 3	64 1	2
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	70 49	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	32	34 21 — 34 51	34 37	34 32	5
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	33	92 56 — 93 18	93 7	93 12	5
$pr' = (110):(20\bar{1})$	38	52 8 — 52 26	52 16	52 16	0

Gesammtzahl der Messungen: 579.

Einige Messungen dieses Salzes sind früher von Marignac und von Murmann und Rotter ausgeführt worden. Die Marignac'schen Werthe (s. Rammelsberg, Kryst.-phys. Chemie) stimmen am besten mit den oben gegebenen Werthen überein; sie führten zu den Elementen: $a:b:c = 0,7417:1:0,5039$; $\beta = 75° 27'$.

Schwefelsaures Rubidium-Eisenoxydul, $Rb_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$.

Sehr schöne Krystalle dieses Salzes werden leicht erhalten und häufig wachsen sie bis zu beträchtlichen Dimensionen. Die Flächen der untersuchten Proben waren ausserordentlich vollkommen, ja selbst diejenigen der grössten Krystalle lieferten einfache helle Bilder des Signals. Die Krystalle waren ganz durchsichtig und besassen eine schwach grüne Farbe wie diejenigen des schwefelsauren Kalium-Eisens. Sie können unverändert in dicht verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden, aber sie verwittern rasch, wenn sie der Luft ausgesetzt werden. Zehn vortreffliche Krystalle aus drei verschiedenen Krystallisationen wurden gemessen. Aus einer dieser Krystallisationen wurden Proben für die Analyse genommen und die folgenden Zahlen erhalten:

0,8167 g gab 0,7205 g $BaSO_4$, entsprechend 30,29% SO_3. Berechnet 30,42.

0,5075 g gab 0,0785 g Fe_2O_3, entsprechend 13,92% FeO. Berechnet 13,69.

Axenverhältniss: $a:b:c = 0,7377:1:0,5004$; $\beta = 74° 16'$.

Habitus: Mehr oder weniger tafelförmig. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $b = \{010\}\infty P\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $q = \{011\}P\infty$, $o = \{111\}-P$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

Zwei typische Gestalten der Krystalle des schwefelsauren Rubidium-

Eisens sind in Fig. 13 und 14 dargestellt. Die Basis $c\{001\}$ ist gewöhnlich die vorherrschende Fläche, jedoch ist sie verhältnissmässig nicht so breit, als an den Krystallen des schwefelsauren Kalium-Eisens; folglich sind die Flächen des Klinodomas $q\{011\}$ relativ grösser, wie in Fig. 13 zu ersehen

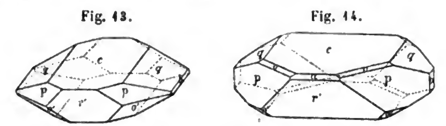


Fig. 13. Fig. 14.

ist, als bei jenen. Die ausgedehnte Entwickelung des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ ist eine charakteristische Eigenthümlichkeit der Krystalle des schwefelsauren Rubidium-Eisens. Die Prismenflächen $p\{110\}$ variiren beträchtlich, doch sind sie immer wichtige Flächen, etwas kleiner aber als diejenigen des Orthodomas r'. Die Flächen der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ variiren viel mehr; zuweilen gleichen sie den Prismenflächen an Grösse, wie in Fig. 13, noch häufiger aber sind sie nur klein, wie in Fig. 14 angedeutet ist. Die primäre Hemipyramide $o\{111\}$ wird nur selten beobachtet und ist dann nur sehr klein, giebt aber gute Reflexe. Das Orthopinakoid $a\{100\}$ wurde nur einmal beobachtet als eine schmale Linie. Das Klinopinakoid $b\{010\}$ ist gewöhnlich in der in den Figuren angedeuteten Grösse entwickelt, dann und wann aber findet man Krystalle, welche keine Pinakoidflächen aufweisen.

Die folgende Tabelle giebt die Resultate der Messungen.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	45° 24'	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 52	—
$ac = (100):(001)$	1	—	74° 15'	74 16	1'
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 38	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 30	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	20	64° 3°— 64° 13'	64 9	64 8	1
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	1	—	41 34	41 36	2
$ap = (100):(110)$	—	—	—	35 23	—
$pp' = (110):(120)$	—	—	—	19 28	—
$p'b = (120):(010)$	—	—	—	35 9	—
$pb = (110):(010)$	12	54 26 — 54 40	54 37	54 37	0
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	19	70 42 — 70 53	70 46	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	19	109 6 —109 20	109 14	109 14	0
$cq = (001):(011)$	40	25 36 — 25 52	25 43	*	—
$qb = (011):(010)$	16	64 8 — 64 38	64 17	64 17	0
$qq = (011):(01\bar{1})$	20	128 28 —128 46	128 34	128 34	0

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$ao = (100):(111)$	—	—	—	48° 35′	—
$oq = (111):(011)$	1	—	27° 7′	27 17	10′
$aq = (100):(011)$	—	—	—	75 52	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	26	34°36′— 35° 0′	34 48	34 51	3
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	69 17	—
$co = (001):(111)$	3	34 22 — 34 33	34 27	34 26	1
$op = (111):(110)$	3	42 43 — 42 50	42 46	42 48	2
$cp = (001):(110)$	38	77 8 — 77 23	77 14	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	35	57 51 — 58 12	58 1	57 57	4
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	36	44 34 — 44 57	44 45	44 49	4
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 23	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 37	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	12	65 1 — 65 31	65 15	65 15	0
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 45	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	12	49 22 — 49 42	49 31	49 30	1
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 55	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	36	86 54 — 87 8	87 1	87 1	0
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 4	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 16	—
$qp = (011):(110)$	37	63 6 — 63 27	63 15	63 14	1
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 30	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	36	34 48 — 35 17	35 0	34 57	3
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	36	92 15 — 92 48	92 34	92 37	3
$pr' = (110):(20\bar{1})$	39	52 16 — 52 34	52 25	52 26	1

Gesammtzahl der Messungen: 498.

Schwefelsaures Cäsium-Eisenoxydul, $Cs_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$.

Diese Verbindung bildet ebenfalls glänzende durchsichtige Krystalle, die eine schwach grüne Farbe, etwas schwächer als diejenige des Eisen enthaltenden Rubidium- und Kaliumsalzes, besitzen. Ihre Flächen sind gewöhnlich eben und frei von Streifung und Verzerrung. Sie verwittern und oxydiren, wenn sie der Luft ausgesetzt sind, sind aber ganz unveränderlich, wenn sie in dicht geschlossenen Flaschen aufbewahrt werden.

Elf der am besten ausgebildetsten Individuen wurden gemessen, die drei verschiedenen Krystallisationen angehörten. Proben aus einer dieser Krystallisationen wurden für die Analysen verwendet.

0,9230 g lieferte 0,6965 g $BaSO_4$, entsprechend 25,91 % SO_3. Berechnet 25,72.

1,0102 g lieferte 0,1320 g Fe_2O_3, entsprechend 11,76 % FeO. Berechnet 11,58.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7261 : 1 : 0,4953$; $\beta = 73^\circ 8'$.

Habitus: Prismatisch oder pyramidal. Beobachtete Formen: $b = \{010\}$ $\infty R\infty$, $c = \{001\}\, 0P$, $p = \{110\} \infty P$, $q = \{011\} R\infty$, $o' = \{\bar{1}11\} + P$, $r' = \{\bar{2}01\} + 2P\infty$.

Die erhaltenen Krystalle von schwefelsaurem Cäsium-Eisen zeigen, wie auch die Magnesium und Zink enthaltenden Cäsiumsalze, einen Habitus,

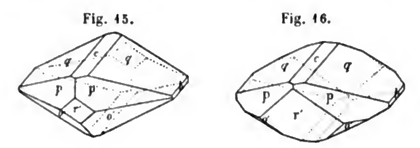


Fig. 15. Fig. 16.

welcher ganz unähnlich demjenigen des analogen Kalium- und Rubidiumsalzes ist. Die Basis $c\{001\}$, so stark vorherrschend bei dem Kaliumsalz und auch eine gewisse Wichtigkeit bei dem Rubidiumsalz bewahrend, sinkt zu einem schmalen Streifen, manchmal zu einer Linie, herab. Das Klinodoma $q\{011\}$ herrscht jetzt vor, und giebt den Krystallen ihren prismatischen Habitus, die Flächen desselben lieferten gewöhnlich prachtvolle einfache Signalbilder. Die so gebildeten Prismen sind in der Regel ungefähr so breit wie lang, und die Endungen sind durch die Flächen des Prismas $p\{110\}$, der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ und des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ gebildet. Zuweilen, einer Verkürzung der Flächen der Zone $[cqb]$ wegen, ist ein pyramidaler Habitus entwickelt, dann sind die Pyramidenflächen diejenigen des Prismas und des Klinodomas. Die Flächen des Primas p und der Hemipyramide o' variiren beträchtlich bei verschiedenen Krystallisationen. Zuweilen sind sie ungefähr von gleicher Ausdehnung, wie in Fig. 15 dargestellt ist. Bei anderen Krystallisationen sind die Prismenflächen viel grösser auf Kosten derjenigen der Hemipyramide, deren Flächen auf verhältnissmässig kleine Dimensionen vermindert sind (Fig. 16). Die beiden Formen gaben vortreffliche Reflexe, diejenigen der Hemipyramide weit besser als gewöhnlich bei dieser Form beobachtet wurde. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ ist gewöhnlich eine hervortretende Form, und die derselben in Fig. 16 gegebene Ausdehnung ist charakteristisch für mehrere der erhaltenen Krystallisationen. In seltenen Fällen wurde es auf mikroskopische Dimensionen reducirt gefunden. Die Klinopinakoidflächen $b\{010\}$ sind gewöhnlich vorhanden, und häufig erlangen sie etwas grössere Breite als in den Figuren angedeutet ist.

Die goniometrischen Resultate sind die folgenden.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	44° 34′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 34	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	73 8	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	39 7	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	26 1	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	21	65° 5′ — 65° 21′	65° 12′	65 8	4′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	41 44	—
$ap = (100):(110)$	—	—	—	34 49	—
$pp' = (110):(120)$	—	—	—	19 28	—
$p'b = (120):(010)$	—	—	—	35 43	—
$pb = (110):(010)$	40	54 58 — 55 29	55 11	55 11	0
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	22	69 26 — 69 49	69 37	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	22	110 13 — 110 35	110 23	110 23	0
$cq = (001):(011)$	44	25 5 — 25 28	25 21	*	—
$qb = (011):(010)$	40	64 28 — 64 56	64 39	64 39	0
$qq = (011):(01\bar{1})$	22	129 9 — 129 31	129 18	129 18	0
$ao = (100):(111)$	—	—	—	47 42	—
$oq = (111):(011)$	—	—	—	27 6	—
$aq = (100):(011)$	—	—	—	74 48	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	30	35 11 — 35 35	35 4	35 20	4
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	69 52	—
$co = (001):(111)$	—	—	—	33 57	—
$op = (111):(110)$	—	—	—	42 16	—
$cp = (001):(110)$	36	76 5 — 76 25	76 13	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	34	58 17 — 58 46	58 33	58 38	5
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	31	44 59 — 45 30	45 14	45 9	5
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 50	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 10	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	28	65 15 — 65 29	65 21	65 22	1
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 38	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	14	49 11 — 49 24	49 18	49 16	2
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 28	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	37	88 0 — 88 26	88 18	88 20	2
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 12	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 29	—
$qp = (011):(110)$	40	62 31 — 62 51	62 38	62 38	0
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 53	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	35	34°58′— 35°21′	35°11′	35°13′	2′
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	36	92 26 — 92 55	92 38	92 34	4
$pr' = (110):(20\bar{1})$	40	51 55 — 52 24	52 11	52 13	2

Gesammtzahl der Messungen: 572.

In der folgenden Tabelle sind die respectiven Werthe analoger Winkel der drei Eisen enthaltenden Salze verglichen.

	Kalium-salz:	Diff.:	Rubidium-salz:	Diff.:	Cäsium-salz:
$ac = (100):(001) = \beta$	75°28′	—72′	74°16′	—68′	73 8′
$as = (100):(101)$	46 9	—45	45 24	—50	44 34
$sc = (101):(001)$	29 19	—	28 52	—	28 34
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	63 21	+47	64 8	+60	65 8
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	38 23	—	38 38	—	39 7
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	24 58	+32	25 30	+31	26 1
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	41 11	—	41 36	—	41 44
$ap = (100):(110)$	35 36	—13	35 23	—34	34 49
$pp' = (110):(120)$	19 28	—	19 28	—	19 28
$p'b = (120):(010)$	34 56	+13	35 9	+34	35 43
$pb = (110):(010)$	54 24	—	54 37	—	55 11
$cq = (001):(011)$	25 56	—13	25 43	—22	25 21
$qb = (011):(010)$	64 4	—	64 17	—	64 39
$ao = (100):(111)$	49 21	—46	48 35	—53	47 42
$oq = (111):(011)$	27 37	—	27 17	—	27 6
$aq = (100):(011)$	76 58	—66	75 52	—64	74 48
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	34 35	—	34 51	—	35 20
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	68 27	+50	69 17	+35	69 52
$co = (001):(111)$	34 56	—30	34 26	—29	33 57
$op = (111):(110)$	43 17	—	42 48	—	42 16
$cp = (001):(110)$	78 13	—59	77 14	—61	76 13
$po' = (110):(11\bar{1})$	57 13	—	57 57	—	58 38
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	44 34	+15	44 49	+20	45 9
$bo = (010):(111)$	70 6	+17	70 23	+27	70 50
$os = (111):(101)$	19 54	—	19 37	—	19 10
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	65 20	— 5	65 15	+ 7	65 22
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	24 40	—	24 45	—	24 38
$sq = (101):(011)$	38 22	—27	37 55	—27	37 28
$qp = (011):(\bar{1}10)$	85 55	+66	87 1	+79	88 20
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	55 43	—	55 4	—	54 12

	Kaliumsalz:	Diff.:	Rubidiumsalz:	Diff.:	Cäsiumsalz:
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	45° 10′	—	45° 16′	—	45° 29′
$qp = (011):(110)$	64 1	—47′	63 14	—36′	62 38
$ps' = (110):(10\bar{1})$	70 49	+41	71 30	+23	71 53
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	34 32	+25	34 57	+16	35 13
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	93 12	—	92 37	—	92 34
$pr' = (110):(20\bar{1})$	52 16	+10	52 26	—13	52 13

Die Beziehungen, welche sich bei den Magnesium und Zink enthaltenden Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalzen ergaben, sind auch bei den drei Eisen enthaltenden Salzen wieder zu beobachten.

Die Differenzen zwischen den Werthen des Axenwinkels (72′ und 68′) sind wieder ungefähr gleich, und folglich der Zunahme des Atomgewichtes proportional.

Von den anderen 35 Winkeln folgen 32 wieder der Regel, dass die Werthe bei dem Rubidiumsalz zwischen denjenigen des Kalium- und Cäsiumsalzes liegen. Ferner sind die drei Ausnahmen genau dieselben (bo', $o's'$ und pr'), welche bei den Magnesium und Zink enthaltenden Salzen beobachtet wurden, und daher in derselben Weise zu erklären. Die grösste Abweichung von der directen Proportionalität kommt wieder bei der Prismenzone vor, in welcher die Veränderungen (13′ und 34′) bei dem Winkel ap im Verhältniss 1 : 2,6 stehen.

Die Aenderungen der Axenverhältnisse sind auch hier wieder nur klein:

Für schwefelsaures Kalium-Eisen $a : b : c = 0,7377 : 1 : 0,5020$
- - Rubidium-Eisen $a : b : c = 0,7377 : 1 : 0,5004$
- - Cäsium-Eisen $a : b : c = 0,7261 : 1 : 0,4953$.

Manganoxydulsalze.

Wie in der Einleitung erwähnt worden ist, sind alle Versuche, Krystalle des schwefelsauren Kalium-Mangans mit 6 Mol. Wasser darzustellen, erfolglos gewesen.

Schwefelsaures Rubidium-Manganoxydul, $Rb_2Mn(SO_4)_2.6H_2O$.

Schwefelsaures Rubidium-Mangan krystallisirt leicht aus Lösungen, die gleiche Moleküle der Sulfate von Rubidium und Manganoxydul enthalten. Es bildet grosse, durchsichtige, sehr glänzende und licht fleischfarbige Krystalle, die, obgleich sehr schön, häufig gekrümmte und verzerrte Flächen besitzen. Zehn kleine Krystalle, welche verhältnissmässig frei von der erwähnten Unvollkommenheit waren, wurden aus fünf verschiedenen Krystallisationen ausgewählt und zur Messung benutzt.

Bestimmungen der Schwefelsäure und des Manganoxyduls in Proben aus einer der fünf Krystallisationen lieferten die folgenden Zahlen:

0,8490 g gab 0,7550 g $BaSO_4$, entsprechend 30,53 % SO_3. Berechnet 30,48.

Dieselbe Quantität gab 0,1250 g Mn_3O_4, entsprechend 13,69 % MnO. Berechnet 13,52.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0{,}7382 : 1 : 0{,}4950$; $\beta = 74^\circ\ 3'$.

Habitus: Tafelförmig oder kurzprismatisch. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $b = \{010\}\infty R\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty R2$, $q = \{011\}R\infty$, $o = \{111\}-P$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

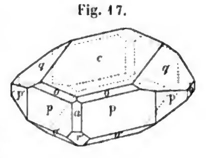


Fig. 17.

Die Krystalle des schwefelsauren Rubidium-Mangans zeigen gewöhnlich einen mehr oder weniger tafelförmigen Habitus, wie in Fig. 17 dargestellt ist, nach der Basis $c\{001\}$; häufig aber sind sie viel dicker und kurzprismatisch im Habitus. Obschon die Basis etwas vorherrscht, sind die Flächen des Klinodomas $q\{011\}$ doch in der Regel beinahe ebenso gross entwickelt; in dieser Hinsicht sind die Krystalle dieses Salzes denjenigen der anderen beschriebenen Rubidium-Salze der Reihe sehr ähnlich. Das Prisma $p\{110\}$ ist immer eine wichtige Form, seine Flächen aber variiren sehr; sie sind kurz bei den tafelförmigen Individuen und beinahe so lang wie breit bei den Krystallen von kurzprismatischem Habitus. Die Reflexe von diesen drei Formen waren an den gemessenen Krystallen immer hell und scharf. Die Flächen der anderen Formen waren klein und selten an einem und demselben Krystall vorhanden. Das Orthopinakoid $a\{100\}$ trat nur an sechs Krystallen, jedesmal nur mit einer äusserst schmalen Fläche ausgebildet, auf. Das Klinopinakoid $b\{010\}$ wurde nur an den Krystallen gewisser Krystallisationen beobachtet. Dagegen waren die Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ und das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ immer vorhanden, jedoch nur mit kleinen und etwas verzerrten Flächen. Kleine Flächen der primären Hemipyramide $o\{111\}$ wurden an zwei Krystallen, und einige der prismatischen Form $p'\{120\}$ an vier der untersuchten Krystalle beobachtet.

Die Resultate der Messungen sind folgende.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	45° 27′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 36	—
$ac = (100):(001)$	6	73° 57′ — 74° 5′	74° 2′	74 3	1′
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 23	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25°35′	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	15	64° 2′—64°12′	64° 7′	63 58	9′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	5	41 48—41 56	41 51	41 59	8
$ap = (100):(110)$	6	35 14—35 23	35 18	35 20	2
$pp' = (110):(120)$	4	19 11—19 36	19 24	19 28	4
$p'b = (120):(010)$	—	—	—	35 12	—
$pb = (110):(010)$	4	54 40—54 45	54 42	54 40	2
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	20	70 31—70 52	70 40	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	20	109 7—109 27	109 20	109 20	0
$cq = (001):(011)$	39	25 13—25 43	25 30	*	—
$qb = (011):(010)$	4	64 24—64 37	64 30	64 30	0
$qq = (011):(01\bar{1})$	19	128 50—129 14	128 59	129 0	1
$ao = (100):(111)$	1	—	48 39	48 34	5
$oq = (111):(011)$	1	—	27 0	27 4	4
$aq = (100):(011)$	3	75 38—75 41	75 39	75 38	1
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	13	34 36—34 54	34 46	34 40	6
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	2	69 35—69 37	69 36	69 42	6
$co = (001):(111)$	3	34 3—34 19	34 11	34 6	5
$op = (111):(110)$	3	42 45—42 57	42 53	42 57	4
$cp = (001):(110)$	39	76 54—77 12	77 3	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	23	58 7—58 29	58 18	58 25	7
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	23	44 24—44 54	44 38	44 32	6
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 34	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 26	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	2	65 20—65 20	65 20	65 25	5
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 35	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	8	49 13—49 26	49 19	49 10	9
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 35	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	39	87 14—87 27	87 20	87 20	0
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 5	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	44 58	—
$qp = (011):(110)$	39	63 6—63 18	63 10	63 10	0
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 52	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	21	34 39—35 6	34 56	34 54	2
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	21	92 22—92 43	92 30	92 26	4
$pr' = (110):(20\bar{1})$	30	52 26—52 44	52 34	52 40	6

Gesammtzahl der Messungen 413.

Da die Flächen der Hemipyramide $0'\{\bar{1}11\}$ und des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ etwas uneben waren, sind die Differenzen zwischen den berechneten und den im Mittel beobachteten Werthen der betreffenden Winkel etwas grösser als gewöhnlich. Die berechneten Werthe liegen wahrscheinlich in diesen Fällen der Wahrheit näher.

Schwefelsaures Cäsium-Manganoxydul, $Cs_2, Mn(SO_4)_2.6H_2O$.

Schwefelsaures Cäsium-Manganoxydul krystallisirt ebenfalls leicht; es bildet grosse, durchsichtige, glänzende Individuen, welche dieselbe lichte Fleischfarbe besitzen, wie diejenigen des Kaliumsalzes. Zwölf Krystalle aus vier verschiedenen Krystallisationen wurden zu den Messungen benutzt; zwei davon wurden nur theilweise gemessen, da gewisse Zonen etwas verzerrt gefunden wurden, die anderen zehn Krystalle wurden vollständig untersucht.

Analysen anderer Krystalle aus einer dieser Krystallisationen lieferten folgende Zahlen:

0,7488 g gab 0,5675 g $BaSO_4$, entsprechend 26,02 % SO_3. Berechnet 25,77.

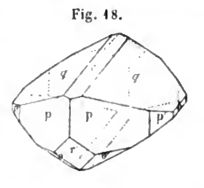
Dieselbe Quantität gab 0,0940 g Mn_3O_4, entsprechend 11,67 % MnO. Berechnet 11,43.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7274 : 1 : 0,4913$; $\beta = 72^\circ 53'$.

Habitus: Prismatisch oder pyramidal. Beobachtete Formen: $b = \{010\} \infty P\!\!\!\!\backslash\infty$, $c = \{001\} 0P$, $p = \{110\} \infty P$, $p' = \{120\} \infty P\!\!\!\!\backslash 2$, $q = \{011\} P\!\!\!\!\backslash\infty$, $o' = \{\bar{1}11\} + P$, $r' = \{\bar{2}01\} + 2P\!\!\!\!\backslash\infty$.

Der gewöhnliche Habitus der Krystalle des schwefelsauren Cäsium-Manganoxyduls ist in Fig. 18 dargestellt. Die Formen, welche die Gestalt des Krystalls bedingen, sind das Klinodoma $q\{011\}$ und das Prisma $\{110\}$. Bald sind die Klinodomenflächen so verlängert in der Richtung der Zonenaxe (die parallel der Kante cq liegt), dass lange Prismen dadurch gebildet werden, deren Endflächen diejenigen des Prismas p sind, — bald sind die Prismenflächen p so verlängert, dass die Krystalle nach ihnen einen prismatischen Habitus annehmen und als Endflächen diejenigen des Klinodomas q erscheinen. Der gezeichnete Krystall stellt den häufig vorkommenden Fall dar, in welchem die Flächen des Prismas und Klinodomas ungefähr gleich gross entwickelt sind. Solche pyramidale Krystalle sind von grossen Dimensionen und beträchtlichem Gewicht erhalten worden, die, ihrer vollkommenen Durchsichtigkeit und lichten Fleischfarbe wegen, sehr schöne Objecte sind.

Fig. 18.



Auch bei diesem Cäsiumsalz ist die Basis $c\{001\}$ auf einen schmalen

Streifen, häufig fast auf eine Linie reducirt. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ ist gewöhnlich viel grösser als bei den Krystallen des Rubidiumsalzes, doch ist es beinahe ebenso unvollkommen als bei jenen Krystallen. Die prismatische Form $p'\{120\}$ ist im Allgemeinen vorhanden und häufig erlangt sie beträchtliche Wichtigkeit. Die Hemipyramidenflächen $o'\{\bar{1}11\}$ sind dagegen nur klein und ihre Reflexe etwas verzerrt, wie beim Rubidiumsalz. Das Klinopinakoid $b\{010\}$ ist gewöhnlich vorhanden und gleicht häufig in Breite der Basis.

Die folgende Tabelle zeigt die Resultate des Messungen.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	44°37′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 16	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	72 53	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 48	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	26 7	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	18	64°32′ — 65°12′	65° 4′	64 55	9′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	42 12	—
$ap = (100):(110)$	—	—	—	34 51	—
$pp' = (110):(120)$	39	19 5 — 19 45	19 24	19 28	4
$p'b = (120):(010)$	31	35 6 — 36 5	35 44	35 41	3
$pb = (110):(010)$	26	54 54 — 55 19	55 9	55 9	0
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	24	69 33 — 69 54	69 42	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	24	110 6 — 110 33	110 17	110 18	1
$cq = (001):(011)$	48	24 48 — 25 29	25 11	*	—
$qb = (011):(010)$	30	64 31 — 65 19	64 50	64 49	1
$qq = (011):(01\bar{1})$	23	129 32 — 129 45	129 38	129 38	0
$ao = (100):(111)$	—	—	—	47 43	—
$oq = (111):(011)$	—	—	—	26 50	—
$aq = (100):(011)$	—	—	—	74 33	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	28	35 1 — 35 23	35 14	35 5	9
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	70 22	—
$co = (001):(111)$	—	—	—	33 38	—
$op = (111):(110)$	—	—	—	42 23	—
$cp = (001):(110)$	39	75 41 — 76 21	76 1	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	28	58 42 — 59 8	58 56	59 8	12
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	29	44 42 — 45 25	45 3	44 51	12
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 58	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 2	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	21	65°12′ — 65°38′	65°24′	65°27′	3′
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 33	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	11	49 6 — 49 18	49 10	49 6	4
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 9	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	39	88 24 — 88 46	88 36	88 36	0
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 15	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 9	—
$qp = (011):(110)$	40	62 19 — 62 38	62 28	62 30	2
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	72 21	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	27	34 51 — 35 34	35 13	35 14	1
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	29	92 5 — 92 40	92 18	92 13	5
$pr' = (110):(20\bar{1})$	35	52 11 — 52 54	52 28	52 33	5

Gesammtzahl der Messungen: 589.

Wie beim Rubidium-Mangansalz sind die Differenzen für jene Winkel, welche die weniger vollkommenen Flächen der Hemipyramide o' und des Orthodomas r' bilden, etwas höher als sonst.

Da es nicht möglich war, Krystalle eines 6 Mol. Wasser enthaltenden Kalium-Manganoxydulsalzes darzustellen, so kann eine vollkommene Vergleichung nicht angestellt werden. Doch wird es zweifellos interessant sein zu prüfen, ob dieselben Beziehungen, welche zwischen den vorher verglichenen Rubidium- und Cäsiumsalzen beobachtet worden sind, auch hier existiren.

	Rubidiumsalz:	Diff.:	Cäsiumsalz:
$ac = (100):(001) = \beta$	74° 3′	—70′	72°53′
$as = (100):(101)$	45 27	—50	44 37
$sc = (101):(001)$	28 36	—	28 16
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	63 58	+57	64 55
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	38 23	—	38 48
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	25 35	+32	26 7
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	41 59	—	42 12
$ap = (100):(110)$	35 20	—29	34 51
$pp' = (110):(120)$	19 28	—	19 28
$p'b = (120):(010)$	35 12	+29	35 41
$pb = (110):(010)$	54 40	—	55 9
$cq = (001):(011)$	25 30	—19	25 11
$qb = (011):(010)$	64 30	—	64 49

	Rubidiumsalz:	Diff.:	Cäsiumsalz:
$ao = (100):(111)$	48° 34′	—51′	47° 43′
$oq = (111):(011)$	27 4	—	26 50
$aq = (100):(011)$	75 38	—65	74 33
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	34 40	—	35 5
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	69 42	+40	70 22
$co = (001):(111)$	34 6	—28	33 38
$op = (111):(110)$	42 57	—	42 23
$cp = (001):(110)$	77 3	—62	76 1
$po' = (110):(11\bar{1})$	58 25	—	59 8
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	44 32	+19	44 51
$bo = (010):(111)$	70 34	+24	70 58
$os = (111):(101)$	19 26	—	19 2
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	65 25	+ 2	65 27
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	24 35	—	24 33
$sq = (101):(011)$	37 35	—26	37 9
$qp = (011):(\bar{1}10)$	87 20	+76	88 36
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	55 5	—	54 15
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	44 58	—	45 9
$qp = (011):(110)$	63 10	—40	62 30
$ps' = (110):(10\bar{1})$	71 52	+29	72 21
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	34 54	+20	35 14
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	92 26	—	92 13
$pr' = (110):(20\bar{1})$	52 40	— 7	52 33

Wenn man diese und die Differenzen mit denjenigen der vorhergehenden Tabelle überblickt, so erhellt sofort, dass genau die gleichen Beziehungen für diese Rubidium und Cäsium enthaltenden Salze gelten, wie sie vorher bei den Magnesium, Zink und Eisen enthaltenden Rubidium- und Cäsiumsalzen beobachtet wurden. Alle Differenzen sind von demselben Vorzeichen und sehr nahe von dem gleichen Betrag. Es ist in der That kein Zweifel, dass, wenn man nur das Kaliumsalz darstellen könnte, die drei Manganoxydul enthaltenden Salze die vorher beobachteten Regeln befolgen würden.

Die Axenverhältnisse weichen ebenfalls unbedeutend ab, und die Differenzen liegen in derselben Richtung:

beim schwefelsauren Rubidium-Mangan $a:b:c = 0,7382:1:0,4950$
- - Cäsium- - $a:b:c = 0,7274:1:0,4913$.

Nickelsalze.

Schwefelsaures Kalium-Nickeloxydul, $K_2Ni(SO_4)_2.6H_2O$.

Vortreffliche Krystalle dieses wohlbekannten, grün gefärbten Salzes wurden durch langsames Verdunsten erhalten. Zehn der am besten ausgebildeten Krystalle aus drei verschiedenen Krystallisationen wurden gemessen.

Analysen von Proben aus einer dieser Krystallisationen ergaben die folgenden Resultate:

0,9667 g gab 1,0245 g $BaSO_4$, entsprechend 36,39 % SO_3. Berechnet 36,61.

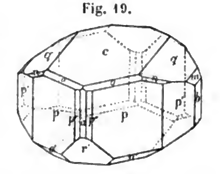
0,8398 g gab 0,1455 g NiO, entsprechend 17,32 % NiO. Berechnet 17,16.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7379 : 1 : 0,5020$; $\beta = 75^\circ 0'$.

Habitus: Prismatisch oder tafelförmig. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty\bar{P}\infty$, $b = \{010\}\infty\breve{P}\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty\breve{P}2$, $p'' = \{210\}\infty\bar{P}2$, $q = \{011\}\breve{P}\infty$, $m = \{021\}2\breve{P}\infty$, $o = \{111\}-P$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $n = \{121\}-2\breve{P}2$, $v = \{\bar{1}22\}+\frac{1}{2}P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2\bar{P}\infty$.

Die Krystalle dieses Salzes sind besonders flächenreich. Eine gewöhnliche Combination ist in Fig. 19 dargestellt, in welcher die Flächen des Klinopinakoids $b\{010\}$ und des Prismas $p\{110\}$ ein mehr oder weniger gleichseitiges, kurzes, sechsseitiges Prisma bilden. Häufig aber sind ein Paar der Prismenflächen p viel grösser entwickelt als das andere und der Krystall erscheint darnach tafelförmig. Die Prismenflächen p sind gewöhnlich stark gestreift parallel zur Kante pp, und gleichsam durch zahlreiche Vicinalflächen gekrümmt; die zehn gemessenen Krystalle wurden so ausgewählt, dass sie besonders frei von dieser Unvollkommenheit waren, und gaben scharfe einfache Reflexe. Die Basis $c\{001\}$ ist die vorherrschende Endfläche, wie bei den meisten der Kalium enthaltenden Salze der Reihe. Die Flächen des Klinodomas $q\{011\}$ aber sind häufig verhältnissmässig so gross wie in Fig. 19 angedeutet ist, und gaben meistens vortreffliche Signalbilder. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ ist in der Regel kleiner, jedoch ist es glänzend und eben. Die Flächen der prismatischen Form $p'\{120\}$ fehlen selten, und nehmen häufig eine beträchtliche relative Entwickelung an. Die Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ ist gewöhnlich nur mit der in der Zeichnung angedeuteten Breite entwickelt. Alle anderen Formen traten nur klein auf, ihre

Fig. 19.



Reflexe aber waren in der Regel gut. Ausser dem Orthopinakoid $a\{100\}$, der primären Hemipyramide $o'\{111\}$ und der Hemipyramide $n\{121\}$ wurden drei nicht an den vorher beschriebenen Salzen beobachtete Formen entdeckt, nämlich die prismatische Form $p''\{210\}$, das Klinodoma $m\{021\}$ und die pyramidale Form $v\{\bar{1}12\}$.

Die Resultate der Messungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	45° 48′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	29 12	—
$ac = (100):(001)$	3	74°53′— 74°55′	74°54′	75 0	6′
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 33	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 11	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	15	63 45 — 63 59	63 51	63 44	7
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	3	41 11 — 41 15	41 13	41 16	3
$ap'' = (100):(210)$	—	—	—	19 37	—
$p''p = (210):(110)$	1	—	15 56	15 52	4
$ap = (100):(110)$	8	35 16 — 35 44	35 29	35 29	0
$pp' = (110):(120)$	18	19 19 — 19 36	19 28	19 28	0
$p'b = (120):(010)$	13	34 49 — 35 11	35 3	35 3	0
$pb = (110):(010)$	26	54 22 — 54 40	54 31	54 31	0
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	16	70 56 — 71 1	70 58	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	16	108 59 —109 6	109 2	109 2	0
$cq = (001):(011)$	39	25 39 — 25 59	25 52	*	—
$qm = (011):(021)$	—	—	—	18 15	—
$mb = (021):(010)$	—	—	—	45 53	—
$qb = (011):(010)$	31	64 0 — 64 22	64 7	64 8	1
$qq = (011):(01\bar{1})$	19	128 5 —128 28	128 15	128 16	1
$ao = (100):(111)$	1	—	49 6	48 59	7
$oq = (111):(011)$	3	27 26 — 27 32	27 30	27 33	3
$aq = (100):(011)$	1	—	76 32	76 32	0
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	8	34 43 — 34 53	34 48	34 46	2
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	2	68 30 — 68 52	68 41	68 42	1
$co = (001):(111)$	8	34 33 — 34 54	34 47	34 46	1
$op = (111):(110)$	8	42 54 — 43 12	43 3	43 4	1
$cp = (001):(110)$	40	77 43 — 77 57	77 50	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	12	57 12 — 57 28	57 22	57 26	4
$o'v = (11\bar{1}):(11\bar{2})$	1	—	20 30	20 37	7
$vc = (11\bar{2}):(00\bar{1})$	1	—	24 10	24 7	3
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	12	44 45 — 44 55	44 49	44 44	5

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$bn = (010):(121)$	—	—	—	54° 15′	—
$no = (121):(111)$	—	—	—	15 57	—
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 12	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 48	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	10	65° 10′ — 65° 18′	65° 14′	65 17	3′
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 43	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	5	49 28 — 49 38	49 32	49 26	6
$sq = (101):(011)$	—	—	—	38 13	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	33	86 12 — 86 32	86 23	86 22	1
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 25	—
$s'v = (\bar{1}01):(\bar{1}12)$	—	—	—	23 16	—
$vq = (\bar{1}12):(011)$	5	21 56 — 22 9	22 2	22 1	1
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 17	—
$qn = (011):(121)$	1	—	26 43	26 50	7
$np = (121):(110)$	1	—	36 51	36 53	2
$qp = (011):(110)$	33	63 32 — 63 51	63 40	63 43	3
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 0	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	19	34 39 — 34 57	34 46	34 43	3
$o'm = (\bar{1}11):(021)$	8	36 40 — 36 53	36 46	36 45	1
$mp = (021):(110)$	8	56 12 — 56 20	56 15	56 16	1
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	18	92 56 — 93 4	93 1	93 1	0
$pr' = (110):(20\bar{1})$	29	52 6 — 52 24	52 13	52 16	3

Gesammtzahl der Messungen: 475.

Die Werthe der krystallographischen Constanten und der sehr wenigen gemessenen Winkel, welche Rammelsberg, Brooke und Murmann und Rotter angeben, liegen sehr nahe an den obigen Werthen. Das Axenverhältniss ist nach Murmann und Rotter $a : b : c = 0{,}7374 : 1 : 0{,}4965$ und der Axenwinkel $\beta = 74^{0}57'$.

Schwefelsaures Rubidium-Nickeloxydul, $Rb_2Ni(SO_4)_2.6H_2O$.

Die Krystalle des schwefelsauren Rubidium-Nickeloxyduls sind tief grün gefärbt, denjenigen des Kalium-Nickelsalzes ähnlich. Zehn kleine Krystalle werden gemessen, die aus vier besonders schön ausgebildeten Krystallisationen ausgewählt wurden.

Die Analysen lieferten folgende Resultate:

1,0560 g gab 0,9325 g $BaSO_4$, entsprechend 30,32% SO_3. Berechnet 30,25.

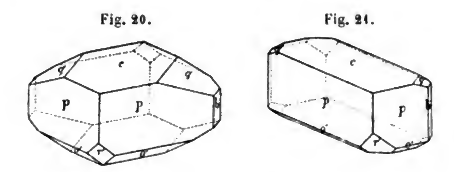
0,8770 g gab 0,1255 g NiO, entsprechend 14,31 % NiO. Berechnet 14,18.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7350 : 1 : 0,5022$; $\beta = 73^0 57'$.

Habitus tafelförmig oder prismatisch. Beobachtete Formen: $b = \{010\}$ $\infty P\infty$, $c = \{001\} 0P$, $p = \{110\} \infty P$, $p' = \{120\} \infty P2$, $q = \{011\} P\infty$, $o' = \{\bar{1}11\} +P$, $r' = \{\bar{2}01\} +2P\infty$.

Der gewöhnliche Habitus der erhaltenen Krystalle ist in Fig. 20 dargestellt. Die vorherrschenden Formen sind das Prisma $p\{110\}$ und die Basis $c\{001\}$. Es geschieht aber häufig, dass ein Paar der Prismenflächen

Fig. 20. Fig. 21.



viel grösser entwickelt ist als das andere, so dass die Krystalle einen prismatischen Habitus annehmen, wie er in Fig. 21 repräsentirt ist. Die Klinodomenflächen $q\{011\}$ sind in der Regel gut entwickelt, besonders bei den grösseren Krystallen; doch sind sie zuweilen auch klein, wie sie in Fig. 21 gezeichnet sind. Diese Flächen waren besonders vollkommen an den gemessenen Individuen und lieferten immer scharfe und einfache Signalbilder. Die Prismenflächen waren bei den kleineren gemessenen Krystallen beinahe vollkommen frei von Streifung, und lieferten ganz zuverlässige Werthe. Dagegen waren die Flächen der Basis immer etwas gestreift oder gekrümmt parallel zur Axe a, sodass die Reflexe, als die Zone $[cqb]$ justirt wurde, gewöhnlich doppelt oder vielfach waren; jedoch gab die mittlere Einstellung dieser verschiedenen Signalbilder eine ziemlich genaue Annäherung an die Lage der Basis. Ausserdem, da die Schärfe der Reflexe von q besonders gut war, verschwindet jede Abweichung in der Lage der Basis, wenn man das Mittel aller erhaltenen Werthe des Winkels cq nimmt. Wenn ein Krystall für die Zone $[acr']$ justirt wurde, fielen die vielfachen Signalbilder von c zusammen und gestatteten genaue Bestimmungen der Lage der Basis. Die Flächen des Klinopinakoids $b\{010\}$, des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$, und der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ sind gewöhnlich vorhanden, aber immer klein. Flächen der prismatischen Form $p'\{120\}$ wurden an einem Krystall beobachtet, ihre Signalbilder waren aber zu schwach, um genaue Einstellung zu gestatten.

Die Resultate der Messungen sind die folgenden:

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	45° 4′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 53	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	73 57	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 57	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 39	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	12	64°28′— 64°40′	64°34′	64 36	2′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	41 27	—
$ap = (100):(110)$	—	—	—	35 17	—
$pp' = (110):(120)$	—	—	—	19 28	—
$p'b = (120):(010)$	—	—	—	35 15	—
$pb = (110):(010)$	32	54 34 — 54 55	54 43	*	—
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	20	70 26 — 70 41	70 34	70 34	0
$pp = (110):(\bar{1}10)$	20	109 16 —109 40	109 25	109 26	1
$cq = (001):(011)$	38	25 39 — 25 51	25 44	*	—
$qb = (011):(010)$	32	64 9 — 64 20	64 16	64 16	0
$qq = (011):(01\bar{1})$	17	128 25 —128 40	128 31	128 32	1
$ao = (100):(111)$	—	—	—	48 16	—
$oq = (111):(011)$	—	—	—	27 19	—
$aq = (100):(011)$	—	—	—	75 35	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	17	34 55 — 35 6	35 2	35 5	3
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	69 20	—
$co = (001):(111)$	—	—	—	34 25	—
$op = (111):(110)$	—	—	—	42 32	—
$cp = (001):(110)$	40	76 52 — 77 2	76 57	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	22	57 55 — 58 5	58 1	57 57	4
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	22	44 57 — 45 9	45 2	45 6	4
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 25	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 35	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	21	65 6 — 65 20	65 13	65 11	2
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 49	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	8	49 29 — 49 37	49 34	49 38	4
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 56	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	35	87 11 — 87 26	87 17	87 17	0
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 47	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 32	—
$qp = (011):(110)$	32	62 51 — 63 5	62 59	63 0	1
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 28	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	15	35° 3'— 35°16'	35° 7'	35° 6'	1'
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	20	92 27 — 92 39	92 33	92 38	5
$pr' = (110):(20\bar{1})$	19	52 13 — 52 25	52 19	52 16	3

Gesammtzahl der Messungen: 122.

Schwefelsaures Cäsium-Nickeloxydul, $Cs_2Ni(SO_4)_2.6H_2O$.

Die Krystalle von schwefelsaurem Cäsium-Nickeloxydul sind hellgrün gefärbt und vollkommen durchsichtig. Sie wachsen häufig zu grossen Dimensionen. Zehn kleine Krystalle, aus fünf verschiedenen Krystallisationen ausgewählt, wurden der Messung unterworfen.

Bestimmungen der Schwefelsäure und des Nickels in Krystallen aus einer dieser Krystallisationen lieferten die folgenden Zahlen:

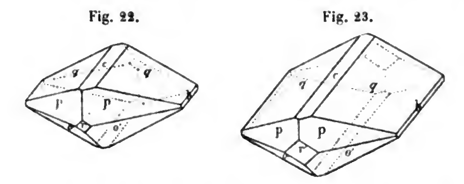
0,6645 g gab 0,5000 g $BaSO_4$, entsprechend 25,84 % SO_3. Berechnet 25,60.

0,6775 g gab 0,0810 g NiO, entsprechend 11,95 % NiO. Berechnet 12,00.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7270 : 1 : 0,4984$; $\beta = 72° 58'$.

Habitus: Prismatisch. Beobachtete Formen: $b = \{010\}\infty R\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $q = \{011\}R\infty$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

Das Cäsium-Nickelsalz krystallisirt sehr ähnlich den anderen Cäsiumsalzen der Reihe. Die Basis $c\{001\}$ ist nur schmal, während das Klinodoma $q\{011\}$ so gross entwickelt ist und seine Flächen so verhältnissmässig lang sind, dass ein prismatischer Habitus hervorgebracht wird. Bei einigen Krystallisationen sind die so gebildeten Prismen gedrungen, wie in Fig. 22



dargestellt; bei anderen sind sie stark verlängert, wie in Fig. 23 repräsentirt ist. Die schmalen Flächen der Basis waren gewöhnlich gekrümmt und gestreift parallel den Kanten cq; die meisten der gemessenen Krystalle aber waren beinahe frei von dieser Unvollkommenheit. Die Klinodomenflächen waren immer eben und lieferten vortreffliche einfache Reflexe. Die Enden der Prismen werden hauptsächlich durch die Flächen des Prismas $p\{110\}$ und der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ gebildet, welche zwei Formen



gewöhnlich mehr oder weniger gleich entwickelt sind und gute Signalbilder geben. Nebst schmalen Flächen des Klinopinakoids $b\{010\}$ waren diese die einzigen vorhandenen Formen. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ war entweder ganz fehlend oder nur sehr klein entwickelt, aber immer gut spiegelnd.

Die folgende Tabelle giebt die Resultate der Messungen.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
as = (100):(101)	—	—	—	44° 21′	—
sc = (101):(001)	—	—	—	28 37	—
ac = (100):(001)	—	—	—	72 58	—
cs' = (001):($\bar{1}$01)	—	—	—	39 22	—
$s'r'$ = ($\bar{1}$01):($\bar{2}$01)	—	—	—	26 6	—
cr' = (001(:($\bar{2}$01)	8	65° 20′— 65° 32′	65° 26′	65 28	2′
$r'a$ = ($\bar{2}$01):($\bar{1}$00)	—	—	—	41 34	—
ap = (100):(110)	—	—	—	34 48	—
pp' = (110):(120)	—	—	—	19 28	—
$p'b$ = (120):(010)	—	—	—	35 44	—
pb = (110):(010)	32	55 5 — 55 21	55 12	*	—
pp = (110):(1$\bar{1}$0)	20	69 30 — 69 40	69 35	69 36	1
pp = (110):($\bar{1}$10)	20	110 15 —110 32	110 25	110 24	1
cq = (001):(011)	40	25 22 — 25 34	25 28	*	—
qb = (011):(010)	18	64 26 — 64 36	64 32	64 32	0
qq = (011):(01$\bar{1}$)	20	128 58 —129 9	129 4	129 4	0
ao = (100):(111)	—	—	—	47 32	—
oq = (111):(011)	—	—	—	27 8	—
aq = (100):(011)	—	—	—	74 40	—
qo' = (011):($\bar{1}$11)	24	35 22 — 35 39	35 32	35 31	1
$o'a$ = ($\bar{1}$11):($\bar{1}$00)	—	—	—	69 49	—
co = (001):(111)	—	—	—	34 0	—
op = (111):(110)	—	—	—	42 5	—
cp = (001):(110)	26	75 45 — 76 16	76 5	*	—
po' = (110):(11$\bar{1}$)	22	58 19 — 58 44	58 30	58 31	1
$o'c$ = (11$\bar{1}$):(00$\bar{1}$)	21	45 14 — 45 41	45 24	45 24	0
bo = (010):(111)	—	—	—	70 48	—
os = (111):(101)	—	—	—	19 12	—
bo' = (010(:($\bar{1}$11)	17	65 8 — 65 20	65 17	65 15	2
$o's'$ = ($\bar{1}$11):($\bar{1}$01)	—	—	—	24 45	—
$o'o'$ = ($\bar{1}$11):($\bar{1}\bar{1}$1)	10	49 18 — 49 35	49 25	49 30	5

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37° 35′	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	32	88° 12′ — 88° 29′	88° 21′	88 23	2′
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 2	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 44	—
$qp = (011):(110)$	33	62 19 — 62 39	62 30	62 27	3
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 49	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	11	35 6 — 35 29	35 20	35 22	2
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	20	92 29 — 92 46	92 37	92 32	5
$pr' = (110):(20\bar{1})$	13	51 55 — 52 15	52 4	52 6	2

Gesammtzahl der Messungen: 387.

Die nächste Tabelle enthält eine Vergleichung der analogen Winkel der drei Nickel enthaltenden Salze.

	Kalium-salz:	Diff.:	Rubidium-salz:	Diff.:	Cäsium-salz:
$ac = (100):(001) = \beta$	75° 0′	—63′	73° 57′	—59′	72° 58′
$as = (100):(101)$	45 48	—44	45 4	—43	44 21
$sc = (101):(001)$	29 12	—	28 53	—	28 37
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	63 44	+52	64 36	+52	65 28
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	38 33	—	38 57	—	39 22
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	25 11	+28	25 39	+27	26 6
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	41 16	—	41 27	—	41 34
$ap = (100):(110)$	35 29	—12	35 17	—29	34 48
$pp' = (110):(120)$	19 28	—	19 28	—	19 28
$p'b = (120):(010)$	35 3	+12	35 15	+29	35 44
$pb = (110):(010)$	54 31	—	54 43	—	55 12
$cq = (001):(011)$	25 52	— 8	25 44	—16	25 28
$qb = (011):(010)$	64 8	—	64 16	—	64 32
$ao = (100):(111)$	48 59	—43	48 16	—44	47 32
$oq = (111):(011)$	27 33	—	27 19	—	27 8
$aq = (100):(011)$	76 32	—57	75 35	—55	74 40
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	34 46	—	35 5	—	35 31
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	68 42	+38	69 20	+29	69 49
$co = (001):(111)$	34 46	—21	34 25	—25	34 0
$op = (111):(110)$	43 4	—	42 32	—	42 5
$cp = (001):(110)$	77 50	—53	76 57	—52	76 5
$po' = (110):(11\bar{1})$	57 26	—	57 57	—	58 31
$o'c = (111):(00\bar{1})$	44 44	+22	45 6	+18	45 24

	Kalium-salz:	Diff.:	Rubidium-salz:	Diff.:	Cäsium-salz:
$bo = (010):(111)$	70° 12′	+13′	70° 25′	+23′	70° 48′
$os = (111):(101)$	19 48	—	19 35	—	19 12
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	65 17	— 6	65 11	+ 4	65 15
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	24 43	—	24 49	—	24 45
$sq = (101):(011)$	38 13	—17	37 56	—21	37 35
$qp = (011):(\bar{1}10)$	86 22	+55	87 17	+66	88 23
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	55 25	—	54 47	—	54 2
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	45 17	—	45 32	—	45 44
$qp = (011):(110)$	63 43	—43	63 0	—33	62 27
$ps' = (110):(10\bar{1})$	71 0	+28	71 28	+21	71 49
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	34 43	+23	35 6	+16	35 22
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	93 1	—	92 38	—	92 32
$pr' = (110):(20\bar{1})$	52 16	0	52 16	—10	52 6

Die Winkeldifferenzen folgen genau denselben Regeln, wie sie bei den vorhergehenden Magnesium, Zink und Eisen enthaltenden Salzen giltig gefunden wurden. Die Differenzen der Axenwinkel sind wieder annähernd gleich (63′ und 59′), und bei 33 von den 36 verglichenen Winkeln liegen die Werthe für das Rubidiumsalz zwischen denjenigen des Kalium- und Cäsiumsalzes. Die drei Ausnahmen kommen wieder bei denselben Winkeln (bo', $o's$ und pr') vor, und die Differenzen für diese Winkel sind auch hier sehr klein. Ausserdem kommt die grösste Abweichung von der directen Proportionalität in der Prismenzone vor, hier zeigen die Differenzen für den Winkel ap (12′ und 29′) ungefähr das Verhältniss 1 : 2,5.

Die Aenderungen der Axenverhältnisse sind wieder sehr klein, besonders für das Verhältniss $b : c$.

Für schwefelsaures Kalium-Nickel $a : b : c = 0,7379 : 1 : 0,5020$
- - Rubidium- - $a : b : c = 0,7350 : 1 : 0,5022$
- - Cäsium- - $a : b : c = 0,7270 : 1 : 0,4984$.

Kobaltsalze.

Schwefelsaures Kalium-Kobaltoxydul, $K_2Co(SO_4)_2.6H_2O$.

Die Krystalle dieses Salzes besitzen eine Farbe, die bei verschiedenen Krystallisationen von Rubinroth zu Röthlichbraun variirt. Ihre Flächen sind gewöhnlich stark gestreift und uneben, so dass sehr genaue Messungen bisher nicht ausgeführt worden sind. Während des Verlaufs dieser Arbeit wurde aber eine Krystallisation erhalten, die ganz frei von diesen Unvollkommenheiten war. Die Krystalle derselben bestanden aus kleinen,

röthlichbraunen Individuen, welche scharf definirte und sehr helle Signalbilder gewährten. Acht Krystalle dieser Krystallisation wurden vollständig gemessen. Die am besten ausgebildeten Zonen von zwei anderen Krystallen, aus zwei verschiedenen Krystallisationen ausgewählt, wurden wegen ihres verhältnissmässigen Freiseins von Streifung und Krümmung ebenfalls gemessen und mit den übrigen übereinstimmende Werthe an denselben gefunden.

Analysen anderer Proben aus der oben erwähnten guten Krystallisation gaben die folgenden Resultate:

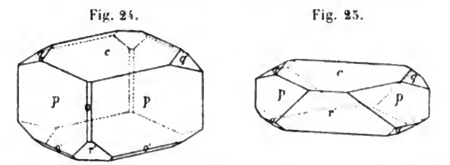
0,8505 g lieferte 0,9015 $BaSO_4$, entsprechend 36,39 % SO_3. Berechnet 36,61.

1,3375 g lieferte 0,1780 g metallisches Kobalt, entsprechend 16,92 % CoO. Berechnet 17,16.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7404 : 1 : 0,5037$; $\beta = 75^\circ 5'$.

Habitus: Prismatisch oder tafelförmig. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty P2$, $q = \{011\}P\infty$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

Der Habitus der acht der oben erwähnten vortrefflichen Krystallisation angehörigen Krystalle ist in Fig. 24 dargestellt. Die vorherrschenden Formen



sind, wie auch bei den anderen Kaliumsalzen der Reihe, die Basis $c\{001\}$ und das primäre Prisma $p\{110\}$. Die Flächen des Klinodomas $q\{011\}$ und des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ waren immer vorhanden, aber verhältnissmässig klein. Diese vier waren gewöhnlich die einzigen ausgebildeten Formen. Indessen wurden an einigen Krystallen dieser Krystallisation Flächen der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ und des Orthopinakoids $a\{100\}$ entdeckt.

Der Habitus eines der anderen zwei gemessenen Krystalle, welcher charakteristisch für mehrere der rubinrothen Krystallisationen war, ist in Fig. 25 dargestellt. Er zeigt eine ausserordentliche Entwickelung des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$. Bei anderen Krystallisationen waren die Krystalle zu dünnen Platten parallel der Basis reducirt durch Verkürzung der Prismenflächen. Eine Fläche der prismatischen Form $p'\{120\}$ wurde an drei Krystallen, das Klinopinakoid dagegen niemals beobachtet.

Die Resultate der Messungen sind:

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	45° 53′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	29 12	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	75 5	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 29	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 9	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	18	63° 29′ — 63° 45′	63° 37′	63 38	1′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	41 17	—
$ap = (100):(110)$	2	35 28 — 35 49	35 38	35 37	1
$pp' = (110):(120)$	3	19 18 — 19 26	19 23	19 28	5
$p'b = (120):(010)$	—	—	—	34 55	—
$pb = (110):(010)$	—	—	—	54 23	—
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	20	71 2 — 71 28	71 14	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	20	108 30 — 108 59	108 46	108 46	0
$cq = (001):(011)$	37	25 51 — 26 0	25 55	*	—
$qb = (011):(010)$	—	—	—	64 5	—
$qq = (011):(01\bar{1})$	19	128 2 — 128 28	128 11	128 10	1
$ao = (100):(111)$	—	—	—	49 6	—
$oq = (111):(011)$	—	—	—	27 31	—
$aq = (100):(011)$	—	—	—	76 37	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	4	34 25 — 35 2	34 42	34 41	1
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	68 42	—
$co = (001):(111)$	—	—	—	34 50	—
$op = (111(:(110)$	—	—	—	43 5	—
$cp = (001):(110)$	35	77 50 — 77 59	77 55	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	3	57 12 — 57 27	57 20	57 22	2
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	3	44 34 — 44 54	44 44	44 43	1
$bo = (010):(111)$	—		—	70 7	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 53	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	—	—	—	65 13	—
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 47	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	1	—	49 30	49 34	4
$sq = (101):(011)$	—	—	—	38 16	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	28	86 3 — 86 22	86 12	86 12	0
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 32	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 15	—
$qp = (011):(110)$	29	63 32 — 63 52	63 44	63 43	1
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 2	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	3	34°35′— 34°46′	34°41′	34°44′	3′
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	2	92 54 — 93 3	92 58	92 55	3
$pr' = (110):(20\bar{1})$	32	52 13 — 52 29	52 21	52 21	0

Gesammtzahl der Messungen: 259.

Die Werthe der wenigen von Murmann und Rotter gemessenen Winkel weichen etwas von den oben gegebenen ab. Der Axenwinkel ist nach diesen Autoren 75° 17′, und das Axenverhältniss $a : b : c := 0,7327 : 1 : 0,4705$. Sie geben jedoch selbst an, dass diese Werthe etwas zweifelhaft seien, der Unvollkommenheit der angewandten Krystalle wegen.

Schwefelsaures Rubidium-Kobaltoxydul, $Rb_2Co(SO_4)_2.6H_2O$.

Die Krystalle des schwefelsauren Rubidium-Kobalts sind rubinroth oder röthlichbraun gefärbt, denjenigen des Kaliumsalzes ähnlich. Sie sind auch dem letzten Salz ähnlich betreffs der Streifung und Krümmung der Flächen. Zehn Krystalle wurden gemessen, wovon neun aus den beiden einzigen Krystallisationen gewählt wurden, welche keine Unvollkommenheit aufwiesen. Der zehnte Krystall wurde nur in gewissen Zonen gemessen, die keine Spur der Flächenkrümmung zeigten.

Analysen von Proben aus einer der oben erwähnten beiden guten Krystallisationen gaben die folgenden Zahlen:

0,8690 g gab 0,7715 g $BaSO_4$, entsprechend 30,48 % SO_3. Berechnet 30,25.

0,7220 g gab 0,0800 g metallisches Co, entsprechend 14,09 % CoO. Berechnet 14,18.

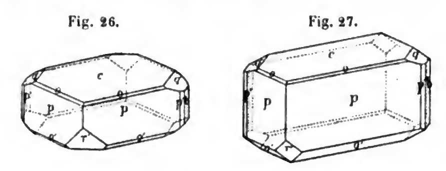
Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7391 : 1 : 0,5011$; $\beta = 73° 59'$.

Habitus: Tafelförmig oder prismatisch. Beobachtete Formen: $b = \{010\}\infty R\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty R2$, $q = \{011\}R\infty$, $o = \{111\}-P$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$, $v = \{\bar{1}12\}+\frac{1}{2}P$.

Die Krystalle dieses Salzes variirten im Habitus bei den verschiedenen erhaltenen Krystallisationen beträchtlich. Zuweilen, wie in Fig. 26 dargestellt, sind die Flächen der Basis $c\{001\}$ verhältnissmässig so gross und die Prismenflächen $p\{110\}$ so kurz in der verticalen Richtung, dass die Krystalle tafelförmig nach der Basis werden. Häufig aber sind die Klinodomenflächen $q\{011\}$ viel grösser, wie in Fig. 20 der Beschreibung des schwefelsauren Rubidium-Nickels. Oft auch nehmen die Krystalle einen ganz verschiedenen Habitus an, wobei die Prismenflächen vertical viel länger sind und gewöhnlich auch ein beträchtlicher Unterschied in der relativen Breite anliegender Flächen dieser Form existirt, so dass, wie in Fig. 27 dargestellt ist, die Krystalle das Ansehen eines verlängerten Prismas annehmen,

das gebildet wird von der Basis und einem Paar der Prismenflächen p. Die Krystalle dieser zwei Arten sind in der Regel röthlichbraun gefärbt, und die neun oben erwähnten gemessenen, vortrefflichen Individuen

Fig. 26. Fig. 27.



gehörten dazu. Diese neun Krystalle besassen besonders vollkommene Flächen des Prismas p, des Klinodomas q, des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ und der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$; alle diese Formen lieferten helle, einfache und scharfe Bilder des Signals. Die Flächen des Klinopinakoids $b\{010\}$ waren klein, doch gaben sie gute Reflexe. Die Flächen der Basis waren etwas gekrümmt und gaben, als die Zone $[cqb]$ justirt wurde, ein Bündel naheliegender Bilder, dessen Mittel eine ziemlich genaue Annäherung zur Lage von c lieferte. Da die Klinodomenbilder aber vollkommen scharf und hell waren, so verschwindet aller Zweifel betreffend den Werth des Winkels cq, wenn man das Mittel aller erhaltenen Werthe von cq nimmt. Diese Krümmung der Flächen der Basis berührt die Zone $[acr']$ nicht, da die zahlreichen Bilder hier zusammenfallen. Der Winkel cp wird nur unbedeutend davon beeinflusst, und aller Zweifel verschwindet, wenn man den Mittelwerth nimmt. Ausser diesen Formen wurden die primäre Hemipyramide $o\{111\}$, die prismatische Form $p'\{120\}$ und die pyramidale Form $v\{\bar{1}12\}$ gelegentlich beobachtet. Die Krystalle mancher Krystallisationen waren den Krystallen des schwefelsauren Kalium-Kobalts, die in Fig. 25 dargestellt sind, ähnlich, und wie sie rubinroth gefärbt. Der zehnte gemessene Krystall gehörte diesem Typus an und lieferte in den Zonen, die durch Krümmung nicht beeinflusst waren, Werthe, welche ähnlich waren den aus den anderen neun Krystallen abgeleiteten.

Die Resultate der Messungen sind unten tabellarisch zusammengestellt.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	45° 11′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 48	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	73 59	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 47	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 37	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	18	64° 14′— 64° 28′	64° 19′	64 24	5′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	41 37	—

		Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
ap	$= (100):(110)$	—	—	—	35° 21′	—
pp'	$= (110):(120)$	2	19° 17′ — 19° 31′	19° 24′	19 28	4′
$p'b$	$= (120):(010)$	1	—	35 4	35 11	7
pb	$= (110):(010)$	28	54 29 — 54 48	54 39	*	—
pp	$= (110):(1\bar{1}0)$	20	70 36 — 70 49	70 42	70 42	0
pp	$= (110):(\bar{1}10)$	20	109 11 — 109 25	109 18	109 18	0
cq	$= (001):(011)$	40	25 37 — 25 49	25 43	*	—
qb	$= (011):(010)$	30	64 9 — 64 26	64 17	64 17	0
qq	$= (011):(01\bar{1})$	20	128 25 — 128 39	128 34	128 34	0
ao	$= (100):(111)$	—	—	—	48 23	—
oq	$= (111):(011)$	3	27 5 — 27 31	27 18	27 13	5
aq	$= (100):(011)$	—	—	—	75 36	—
qo'	$= (011):(\bar{1}11)$	20	34 48 — 35 4	34 56	34 59	3
$o'a$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	69 25	—
co	$= (001):(111)$	3	34 2 — 34 41	34 22	34 20	2
op	$= (111):(110)$	3	42 19 — 42 58	42 38	42 40	2
cp	$= (001):(110)$	35	76 52 — 77 7	77 0	*	—
po'	$= (110):(11\bar{1})$	30	57 55 — 58 16	58 4	58 3	1
$o'c$	$= (11\bar{1}):(00\bar{1})$	30	44 46 — 45 4	44 56	44 57	1
bo	$= (010):(111)$	—	—	—	70 26	—
os	$= (111):(101)$	—	—	—	19 34	—
bo'	$= (010):(\bar{1}11)$	30	65 5 — 65 22	65 13	65 12	1
$o's'$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 48	—
$o'o'$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	14	49 29 — 49 40	49 34	49 36	2
sq	$= (101):(011)$	—	—	—	37 51	—
qp	$= (011):(\bar{1}10)$	34	87 5 — 87 24	87 14	87 14	0
ps	$= (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 55	—
$s'v$	$= (\bar{1}01):(\bar{1}12)$	—	—	—	23 28	—
vq	$= (\bar{1}12):(011)$	1	—	21 50	21 55	5
$s'q$	$= (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 23	—
qp	$= (011):(110)$	34	62 48 — 63 8	63 0	63 0	0
ps'	$= (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 37	—
$r'o'$	$= (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	29	34 54 — 35 17	35 3	35 4	1
$o'p$	$= (\bar{1}11):(110)$	30	92 21 — 92 36	92 29	92 30	1
pr'	$= (110):(20\bar{1})$	32	52 14 — 52 38	52 27	52 26	1

Gesammtzahl der Messungen: 507.

Schwefelsaures Cäsium-Kobaltoxydul, $Cs_2Co(SO_4)_2.6H_2O$.

Die Krystalle des schwefelsauren Cäsium-Kobalts sind röthlichbraun gefärbt, denjenigen des Kalium- und Rubidiumsalzes ähnlich. Grosse und scheinbar gut ausgebildete Krystalle setzen sich aus Lösungen ab, die gleiche Moleküle der beiden einfachen Sulfate enthalten, aber die Flächen zeigen gewöhnlich mehr oder weniger Krümmung, jedoch nicht so stark, als diejenigen des Kobalt enthaltenden Kalium- und Rubidiumsalzes.

Zehn verhältnissmässig von dieser Unvollkommenheit freie Krystalle wurden zur Messung aus fünf verschiedenen Krystallisationen ausgewählt.

Analysen anderer Krystalle aus einer dieser Krystallisationen lieferten die folgenden Resultate:

0,8725 g gab 0,6565 g $BaSO_4$, entsprechend 25,83 % SO_3. Berechnet 25,60.

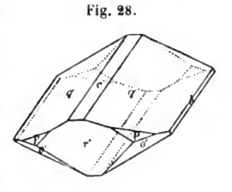
0,6260 g gab 0,0585 g metallisches Kobalt, entsprechend 11,88 % CoO. Berechnet 12,00.

Axenverhältniss: $a:b:c = 0,7270:1:0,4968$; $\beta = 72^0\ 52'$.

Habitus: Prismatisch. Beobachtete Formen: $b = \{010\}\infty R\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $q = \{011\}R\infty$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

Der häufigste Habitus der Krystalle dieses Salzes ist in Fig. 28 dargestellt. Gemeinschaftlich mit den gewöhnlichen geometrischen Gestalten der anderen Cäsiumsalze der Reihe ist er charakterisirt durch die grosse relative Entwickelung der Flächen des Klinodomas $q\{011\}$ und die gleichzeitige Verminderung derjenigen der Basis $c\{001\}$. Da die Flächen der Zone $[cqb]$ etwas verlängert sind, nehmen die Krystalle die Gestalt von Prismen an, die ungefähr anderthalb- oder zweimal so lang als breit sind. Die Krystalle dieses Salzes sind von den anderen Cäsiumsalzen der Reihe, welche noch beschrieben wurden, unterschieden durch die stark vorherrschende Entwickelung der Flächen des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ unter den Endflächen; die Prismenflächen $p\{110\}$ und die Flächen der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ sind selten verhältnissmässig grösser, als in der Zeichnung dargestellt wurde, und zwar sind die Prismenflächen p besonders klein und häufig kaum sichtbar. Das Klinopinakoid $b\{010\}$ ist nur selten vorhanden.

Fig. 28.



Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Messungen.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel: beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	44° 20'	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 32	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	72 52	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	39° 15′	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	26 9	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	17	65° 14′ — 65° 30′	65° 24′	65 24	0′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	41 44	—
$ap = (100):(110)$	—	—	—	34 48	—
$pp' = (110):(120)$	—	—	—	19 28	—
$p'b = (120):(010)$	—	—	—	35 44	—
$pb = (110):(010)$	6	55 6 — 55 16	55 10	55 12	2
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	17	69 25 — 69 48	69 36	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	17	110 12 — 110 39	110 24	110 24	0
$cq = (001):(011)$	40	25 17 — 25 31	25 24	*	—
$qb = (011):(010)$	6	64 30 — 64 42	64 36	64 36	0
$qq = (011):(01\bar{1})$	20	129 7 — 129 16	129 12	129 12	0
$ao = (100):(111)$	—	—	—	47 30	—
$oq = (111):(011)$	—	—	—	27 4	—
$aq = (100):(011)$	—	—	—	74 34	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	16	35 16 — 35 30	35 23	35 26	3
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	70 0	—
$co = (001):(111)$	—	—	—	33 54	—
$op = (111):(110)$	—	—	—	42 6	—
$cp = (001):(110)$	22	75 53 — 76 8	76 0	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	18	58 34 — 58 50	58 42	58 42	0
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	18	45 7 — 45 28	45 18	45 18	0
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 52	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 8	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	4	65 18 — 65 21	65 19	65 17	2
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 43	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	10	49 19 — 49 34	49 24	49 26	2
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 29	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	20	88 17 — 88 39	88 28	88 29	1
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 2	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 37	—
$qp = (011):(110)$	20	62 22 — 62 38	62 26	62 24	2
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 59	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	14	35 13 — 35 29	35 22	35 22	0
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	13	92 19 — 92 38	92 26	92 25	1
$pr' = (110):(20\bar{1})$	17	52 6 — 52 22	52 13	52 13	0

Gesammtzahl der Messungen: 295.

Im Folgenden wird eine Vergleichungstabelle für die drei Kobalt enthaltenden Salze gegeben, worin die drei respectiven Werthe jedes Winkels neben einander gestellt sind.

	Kalium-salz:	Diff.:	Rubidium-salz:	Diff.:	Cäsium-salz:
$ac = (100):(001) = \beta$	75° 5′	—66′	73°59′	—67′	72°52′
$as = (100):(101)$	45 53	—42	45 11	—51	44 20
$sc = (101):(001)$	29 12	—	28 48	—	28 32
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	63 38	+46	64 24	+60	65 24
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	38 29	—	38 47	—	39 15
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	25 9	+28	25 37	+32	26 9
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	41 17	—	41 37	—	41 44
$ap = (100):(110)$	35 37	—16	35 21	—33	34 48
$pp' = (110):(120)$	19 28	—	19 28	—	19 28
$p'b = (120):(010)$	34 55	+16	35 11	+33	35 44
$pb = (110):(010)$	54 23	—	54 39	—	55 12
$cq = (001):(011)$	25 55	—12	25 43	—19	25 24
$qb = (011):(010)$	64 5	—	64 17	—	64 36
$ao = (100):(111)$	49 6	—43	48 23	—53	47 30
$oq = (111):(011)$	27 31	—	27 13	—	27 4
$aq = (100):(011)$	76 37	—61	75 36	—62	74 34
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	34 41	—	34 59	—	35 26
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	68 42	+43	69 25	+35	70 0
$co = (001):(111)$	34 50	—30	34 20	—26	33 54
$op = (111):(110)$	43 5	—	42 40	—	42 6
$cp = (001):(110)$	77 55	—55	77 0	—60	76 0
$po' = (110):(11\bar{1})$	57 22	—	58 3	—	58 42
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	44 43	+14	44 57	+21	45 18
$bo = (010):(111)$	70 7	+19	70 26	+26	70 52
$os = (111):(101)$	19 53	—	19 34	—	19 8
$b'o' = (010):(\bar{1}11)$	65 13	— 1	65 12	+ 5	65 17
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	24 47	—	24 48	—	24 43
$sq = (101):(011)$	38 16	—25	37 51	—22	37 29
$pp = (011):(\bar{1}10)$	86 12	+62	87 14	+75	88 29
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	55 32	—	54 55	—	54 2
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	45 15	—	45 23	—	45 37
$qp = (011):(110)$	63 43	—43	63 0	—36	62 24
$ps' = (110):(10\bar{1})$	71 2	+35	71 37	+22	71 59

	Kalium-salz:	Diff.:	Rubidium-salz:	Diff.:	Cäsium-salz:
$r'o' = (\bar{2}01):\bar{1}11)$	34°44′	+20′	35° 4′	+18′	35°22′
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	92 55	—	92 30	—	92 25
$pr' = (110):(20\bar{1})$	52 21	+ 5	52 26	—13	52 13

Es ist auffallend, wie ähnlich die Winkeldifferenzen in jeder Reihe der drei Alkalisalze sind. Auch hier liegt der Werth des Axenwinkels bei dem Rubidiumsalz in der Mitte zwischen den Werthen bei dem Kalium- und Cäsiumsalz. Die Differenzen sind 66′ und 67′, annähernd proportional der Veränderung im Atomgewichte des Alkalimetalles.

Die Regel, dass die Werthe aller Winkel des Rubidiumsalzes zwischen denjenigen der Kalium- und Cäsiumsalze liegen, gilt wieder bei 33 von 36 verglichenen Winkeln. Ausserdem sind die drei Ausnahmen *bo′*, *os′* und *pr′* genau dieselben wie sie früher beobachtet worden sind, und sind eben so erklärbar. Die grösste Abweichung von der directen Proportionalität kommt auch hier wieder bei den Winkeln der Prismenzone vor, worin die Differenzen für den Winkel *ap* 16′ und 33′ sind und das Verhältniss ungefähr 1 : 2 beträgt.

Die Aenderungen der Axenverhältnisse sind wieder nur klein, jedoch liegen diejenigen des Rubidiumsalzes zwischen denjenigen des Kalium- und Cäsiumsalzes.

Für schwefelsaures	Kalium-Kobaltoxydul	$a:b:c = 0,7404:1:0,5037$
» »	Rubidium- »	$a:b:c = 0,7391:1:0,5011$
» »	Cäsium- »	$a:b:c = 0,7270:1:0,4968$.

Kupfersalze.

Schwefelsaures Kalium-Kupfer, $K_2Cu(SO_4)_2.6H_2O$.

Die Krystalle des schwefelsauren Kalium-Kupfers sind schwach grünlichblau gefärbt. Ganz vollkommene Krystalle, durch langsames Verdunsten gleiche Moleküle enthaltender Lösungen erhalten, sind ganz klar und durchsichtig, aber schwer zu erhalten. Sie wachsen selten zu beträchtlicher Grösse, ohne dass sie ihre Durchsichtigkeit verlieren. Schneller gebildete Krystalle sind mehr oder weniger trübe und undurchsichtig und ihre Flächen matt.

Zehn besonders gut ausgebildete Krystalle, ungewöhnlich vortrefflich für dieses Salz, wurden gemessen, sie waren aus drei verschiedenen Krystallisationen entnommen.

Bestimmungen der Schwefelsäure und des Kupfers, an Proben aus ..er dieser drei Krystallisationen, gaben die folgenden Zahlen:

0,8770 g lieferte 0,9110 g $BaSO_4$, entsprechend 35,67 % SO_3. Berechnet 36,28.

0,8613 g lieferte 0,1525 g CuO, entsprechend 17,76 %. Berechnet 17,91.

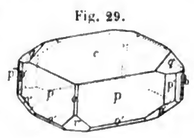
Es muss bemerkt werden, dass der gefundene Betrag an Schwefelsäure 0,6 % unter dem theoretischen ist. Eine zweite Bestimmung gab ein beinahe identisches Resultat. Es ist der einzige Fall der Art, welcher während dieser Arbeit vorkam, und er scheint mit der Schwierigkeit durchsichtige Krystalle darzustellen verbunden zu sein. Die meisten der Krystalle, welche zu der Analyse verwendet wurden, waren etwas trübe. Indessen ist es unwahrscheinlich, dass die kleine Abweichung im Gehalt an Schwefelsäure irgend einen Einfluss auf die Winkel der Krystalle ausübt, denn da die gebrauchten einfachen Sulfate von Kalium und Kupfer ganz rein waren, ist es nicht möglich, dass die Ursache dieser Abweichung ein anderes isomorphes mitkrystallisirendes Salz sein könnte. Es ist viel mehr wahrscheinlich, dass sie durch eine kleine Quantität einer fremden, mechanisch eingeschlossenen Substanz, vielleicht Spuren eines Salzes mit anderem Krystallwassergehalt, verursacht worden ist. Solche Spuren eines nicht mitkrystallisirenden Salzes würden wohl die Trübung hervorbringen, aber keinen Einfluss auf den Winkel ausüben können.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0{,}7490 : 1 : 0{,}5088$; $\beta = 75^0\ 32'$.

Habitus: Tafelförmig. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty \bar{P}\infty$, $b = \{010\}\infty \grave{P}\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty \grave{P}2$, $p''' = \{130\}\infty \grave{P}3$, $q = \{011\}\grave{P}\infty$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $n' = \{\bar{1}21\}+2\grave{P}2$, $r' = \{\bar{2}01\}+2\bar{P}\infty$.

Der gewöhnliche Habitus der Krystalle des schwefelsauren Kalium-Kupfers ist in Fig. 29 dargestellt. Wie regelmässig bei den Kaliumsalzen der Reihe ist die Basis $c\{001\}$ entschieden die wichtigste Form und die Krystalle sind gewöhnlich mehr oder weniger tafelförmig darnach. Die Flächen dieser Form zeigten sich an den zehn gemessenen Krystallen häufig tief ausgehöhlt parallel zur Kante cq; jedoch waren die erhaltenen Signalbilder ganz scharf und hell. Die Prismenflächen $p\{110\}$ waren immer eben und sehr glänzend und vortrefflich spiegelnd, während die Flächen des Klinodomas $q\{011\}$, welche gewöhnlich bei dieser Reihe so gut ausgebildet gefunden worden sind, bei diesem Salze sehr schlecht waren; bei einigen Krystallisationen waren sie so klein und matt, dass sie keine zuverlässigen Bilder des Signals reflectirten. Es zeigt also dieses Salz die charakteristische Ausbildung der Kaliumsalze dieser Reihe in extremster Weise. Gelegentlich wurden Krystalle gefunden, welche gute Klinodomenflächen besassen, und mehrere der gemessenen Krystalle wurden deswegen ausgewählt.

Fig. 29.



Die Flächen des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ und der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ waren ebenfalls verhältnissmässig klein, lieferten aber ziemlich scharfe Reflexe. Die Hauptcharakteristik dieses Salzes ist die grosse und vollkommene Entwickelung der Hemipyramide $n'\{\bar{1}21\}$, deren Flächen häufig die grösste und glänzendste nach denjenigen der Basis und des primären Prismas waren. Die Flächen der prismatischen Form $p'\{120\}$ wurden immer mehr oder weniger ausgebildet gefunden und gaben gute Reflexe. Ausser dieser prismatischen Form wurde noch eine andere $p'''\{130\}$ an einem Krystall beobachtet. Das Klinopinakoid $b\{010\}$ war in der Regel entwickelt, aber das Orthopinakoid $a\{100\}$ dagegen wurde nur an zwei gemessenen Krystallen gefunden.

Die Resultate der Messungen sind folgende.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	46° 11′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	29 21	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	75 32	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 22	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	24 57	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	8	63° 7′— 63°31′	63°18′	63 19	1′
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	41 9	—
$ap = (100):(110)$	4	35 50 — 36 8	35 59	35 59	0
$pp' = (110):(120)$	19	19 16 — 19 38	19 26	19 28	2
$p'b = (120):(010)$	10	34 24 — 34 52	34 38	34 33	5
$p'p''' = (120):(130)$	1	—	10 9	9 54	15
$p'''b = (130):(010)$	1	—	24 28	24 39	11
$pb = (110):(010)$	16	53 45 — 54 19	54 1	54 1	0
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	23	71 54 — 72 3	71 58	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	20	107 57 —108 6	108 2	108 2	0
$cq = (001):(011)$	12	26 7 — 26 14	26 11	*	—
$qb = (011):(010)$	9	63 48 — 63 58	63 54	63 49	5
$qq = (011):(01\bar{1})$	3	127 42 —127 48	127 45	127 38	7
$ao = (100):(111)$	—	—	—	49 28	—
$oq = (111):(011)$	—	—	—	27 35	—
$aq = (100):(011)$	—	—	—	77 3	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	1	—	34 40	34 30	10
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	68 27	—
$co = (001):(111)$	—	—	—	35 6	—
$op = (111):(110)$	—	—	—	43 14	—
$cp = (001):(110)$	37	78 13 — 78 27	78 20	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	6	56 50 — 56 58	56 54	56 58	4
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	6	44 34 — 44 52	44 43	44 42	1

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$bo = (010):(111)$	—	—	—	69° 50′	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	20 10	—
$bn' = (010):(\bar{1}21)$	3	47° 1′ — 47° 14′	47° 6′	47 4	2′
$n'o' = (\bar{1}21):(\bar{1}11)$	1	—	17 56	17 59	3
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	1	—	65 0	65 3	3
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 57	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	1	—	49 57	49 54	3
$sq = (101):(011)$	—	—	—	38 32	—
$qn' = (011):(\bar{1}21)$	3	35 18 — 35 32	35 27	35 21	6
$n'p = (\bar{1}21):(\bar{1}10)$	10	50 0 — 50 21	50 12	50 11	1
$qp = (011):(\bar{1}10)$	11	85 27 — 85 45	85 39	85 32	7
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 56	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 17	—
$qp = (011):(110)$	9	63 40 — 63 51	63 46	63 51	5
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	70 52	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	3	34 45 — 34 50	34 47	34 43	4
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	3	92 43 — 92 52	92 47	92 49	2
$pr' = (110):(20\bar{1})$	11	52 18 — 52 40	52 30	52 28	2

Gesammtzahl der Messungen: 232.

Die früheren Messungen der Krystalle dieses Salzes sind ganz unzuverlässig. Brooke scheint (s. Rammelsberg, Kryst.-phys. Chemie) Messungen von vier Winkeln ausgeführt zu haben; die Werthe derselben weichen aber weit von den oben gegebenen äussersten Grenzen für diese Winkel ab und sind ganz unvereinbar mit den von Miller bestimmten Werthen der Winkel des Ammoniumsalzes. Der Axenwinkel nach Brooke ist 71° 56′ und das Axenverhältniss $a : b : c = 0{,}7701 : 1 : 0{,}4932$, Werthe, die ganz verschieden von den oben gegebenen sind. Die Unzuverlässigkeit dieser früheren Werthe scheint sehr wahrscheinlich, wenn man sie mit den Miller'schen Winkeln für schwefelsaures Ammonium-Kupfer vergleicht. Es geht aus den zuverlässigsten Messungen der Ammoniumsalze dieser Reihe hervor, dass die Werthe des Axenwinkels bei diesen Salzen beinahe 2° niedriger als diejenigen der analogen Kaliumsalze und (wie es aus dieser Arbeit hervorgeht) beinahe identisch mit den Werthen der analogen Cäsiumsalze sind. Nun ist der Miller'sche Werth von β für schwefelsaures Ammonium-Kupfer 73° 54′, beinahe identisch mit dem nachher gegebenen Werthe 73° 50′ für schwefelsaures Cäsium-Kupfer. Daher war es zu erwarten, dass der Werth von β für schwefelsaures Kalium-Kupfer etwas grösser als 75½° gefunden werden würde, und dies ist der Fall, denn er

beträgt 75°32′. Es ist aus diesem Grunde offenbar, dass der Brooke'sche Werth 71°56′ ganz unrichtig ist.

Schwefelsaures Rubidium-Kupfer, $Rb_2Cu(SO_4)_2.6H_2O$.

Gut ausgebildete Krystalle dieses Salzes lassen sich mit geringerer Schwierigkeit als solche des Kaliumsalzes erhalten. Sie sind schwach grünlichblau gefärbt, denjenigen des Kalium-Kupfersalzes ähnlich. Elf Krystalle wurden gemessen, aus drei verschiedenen Krystallisationen ausgewählt; neun gehörten einer besonders gut ausgebildeten Krystallisation an, deren Individuen sehr glänzend und ganz frei von Krümmung waren. Alle anderen Krystallisationen waren mehr oder weniger unvollkommen, und die beiden anderen untersuchten Krystalle wurden nur in gewissen Zonen gemessen, in denen die Störungen unbedeutend waren.

Bestimmungen des Gehaltes an Schwefelsäure und Kupfer in einer dieser Krystallisationen gaben die folgenden Resultate:

0,7780 g lieferte 0,6800 g $BaSO_4$, entsprechend 30,01 % SO_3. Berechnet 30,02.

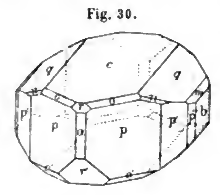
0,6395 g lieferte 0,0955 g CuO, entsprechend 14,93 % CuO. Berechnet 14,82.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7490 : 1 : 0,5029$; $\beta = 74°42'$.

Habitus: Tafelförmig oder kurzprismatisch. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty \bar{P} \infty$, $b = \{010\}\infty \grave{P} \infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty \grave{P} 2$, $p''' = \{130\}\infty \grave{P} 3$, $q = \{011\}\grave{P}\infty$, $m = \{021\}2\grave{P}\infty$, $o = \{111\}-P$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $n = \{121\}-2\grave{P}2$, $r = \{201\}-2\bar{P}\infty$, $r' = \{\bar{2}01\}+2\bar{P}\infty$.

Die Krystalle von schwefelsaurem Rubidium-Kupfer sind besonders flächenreich, und mehrere der seltenen Formen erreichen häufig eine beträchtliche Grösse, wie in Fig. 30 dargestellt ist. Die Anordnung der gewöhnlich vorhandenen Flächen ist ähnlich derjenigen der anderen Rubidiumsalze der Reihe; der eigenthümlichste Zug ist die gelegentlich grosse Entwickelung des Klinopinakoids $b\{010\}$. Die Basis $c\{001\}$ ist die etwas vorherrschende Form und die Krystalle einiger Krystallisationen sind tafelförmig darnach; häufig aber sind die Prismenflächen $p\{110\}$ ebenso gross entwickelt, so dass die Krystalle einen kurzprismatischen Habitus annehmen. Das Klinodoma $q\{011\}$ ist

Fig. 30.



ebenfalls eine wichtige Form, wie bei den anderen Rubidiumsalzen der Reihe, und seine Flächen lieferten vortreffliche Bilder des Signals, denjenigen des Kaliumsalzes ganz entgegengesetzt. Die Flächen der seltenen Form $m\{021\}$ waren öfters verhältnissmässig so gross wie sie in Fig. 30

dargestellt sind, und zuweilen selbst grösser. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ ist gewöhnlich klein, aber glänzend und eben.

Das complementäre Orthodoma $r\{201\}$ wurde, zum ersten Male während des Verlaufes dieser Arbeit, an einem Krystalle ausgebildet gefunden. Die primäre Hemipyramide $o\{111\}$ ist häufig so gross entwickelt wie die gewöhnlicher vorhandene complementäre Form $o'\{\bar{1}11\}$, und beide Formen lieferten zuverlässige Reflexe. Die prismatischen Formen $p'\{120\}$ und $p'''\{130\}$ waren an einigen Krystallen gut ausgebildet und ihre Flächen reflectirten scharfe und helle Bilder des Signals. Das Orthopinakoid $a\{100\}$ und die Hemipyramide $n\{121\}$ wurden nur an einem Krystalle beobachtet.

Die unten gegebene Tabelle enthält die Resultate der Messungen.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$ar = (100):(201)$	1	—	30° 53′	30° 59′	6′
$rc = (201):(001)$	1	—	43 35	43 43	8
$as = (100):(101)$	—	—	—	45 53	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 49	—
$ac = (100):(001)$	1	—	74 34	74 42	8
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 12	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 18	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	16	63° 18′ — 63° 43′	63 32	63 30	2
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	1	—	41 56	41 48	8
$ap = (100):(110)$	2	35 51 — 35 54	35 52	35 52	0
$pp' = (110):(120)$	4	19 17 — 19 41	19 33	19 28	5
$p'b = (120):(010)$	3	34 23 — 34 55	34 37	34 40	3
$p'p''' = (120):(130)$	2	9 46 — 10 4	9 55	9 55	0
$p'''b = (130):(010)$	4	24 41 — 24 51	24 45	24 45	0
$pb = (110):(010)$	32	54 2 — 54 13	54 8	*	—
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	18	71 37 — 71 55	71 44	71 44	0
$pp = (110):(\bar{1}10)$	18	108 9 — 108 20	108 16	108 16	0
$cq = (001):(011)$	40	25 43 — 26 0	25 54	*	—
$qm = (011):(021)$	3	18 15 — 18 21	18 17	18 16	1
$mb = (021):(010)$	3	45 45 — 45 51	45 48	45 50	2
$qb = (011):(010)$	34	63 58 — 64 13	64 6	64 6	0
$qq = (011):(01\bar{1})$	20	128 4 — 128 30	128 12	128 12	0
$ao = (100):(111)$	—	—	—	49 5	—
$oq = (111):(011)$	3	27 8 — 27 9	27 9	27 11	2
$aq = (100):(011)$	—	—	—	76 16	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	4	34 22 — 34 32	34 28	34 24	4
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	69 20	—

		Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
co	$= (001):(111)$	6	34° 18′— 34° 36′	34° 28′	34° 31′	3′
op	$= (111):(110)$	6	43 2 — 43 20	43 9	43 8	1
cp	$= (001):(110)$	36	77 35 — 77 44	77 39	*	—
po'	$= (110):(11\bar{1})$	14	57 26 — 58 7	57 47	57 50	3
$o'c$	$= (11\bar{1}):(00\bar{1})$	14	44 11 — 44 58	44 34	44 31	3
bn	$= (010):(121)$	1	—	54 12	54 9	3
no	$= (121):(111)$	1	—	16 3	15 59	4
bo	$= (010):(111)$	2	70 15 — 70 15	70 15	70 8	7
os	$= (111):(101)$	—	—	—	19 52	—
bo'	$= (010):(\bar{1}11)$	5	65 0 — 65 6	65 4	65 8	4
$o's'$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 52	—
$o'o'$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	—	—	—	49 44	—
sq	$= (101):(011)$	—	—	—	37 59	—
qp	$= (011):(\bar{1}10)$	34	86 17 — 86 31	86 22	86 22	0
ps	$= (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 39	—
$s'q$	$= (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	45 1	—
qn	$= (011):(121)$	1	—	26 34	26 32	2
np	$= (121):(110)$	2	36 46 — 36 51	36 48	36 50	2
qp	$= (011):(110)$	36	63 14 — 63 29	63 23	63 22	1
ps'	$= (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 37	—
$r'o'$	$= (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	11	34 40 — 35 2	34 51	34 53	2
$o'm$	$= (\bar{1}11):(021)$	1	—	36 31	36 27	4
mp	$= (021):(110)$	4	55 42 — 55 51	55 48	55 50	2
$o'p$	$= (\bar{1}11):(110)$	11	92 11 — 92 28	92 20	92 17	3
pr'	$= (110):(20\bar{1})$	31	52 42 — 52 57	52 49	52 50	1

Gesammtzahl der Messungen: 426.

Schwefelsaures Cäsium-Kupfer, $Cs_2Cu(SO_4)_2.6H_2O$.

Schwefelsaures Cäsium-Kupfer wird leicht in vollkommen durchsichtigen Krystallen erhalten, welche eine schwach blaue Farbe mit einem Stich in Grün besitzen und sehr glänzende Flächen darbieten. Es ist eines der schönsten Salze der Reihe und Individuen wachsen zu grossen Dimensionen, ohne ihre Durchsichtigkeit und ihren Glanz zu verlieren. Sie sind durch zahlreiche kleine Flächen modificirten Pyramiden ähnlich. Zehn Krystalle, sechs verschiedenen Krystallisationen entnommen, wurden gemessen.

Analysen anderer Krystalle aus einer dieser Krystallisationen gaben die folgenden Zahlen:

0,8442 g lieferte 0,6300 g $BaSO_4$, entsprechend 25,62 % SO_3. Berechnet 25,42.

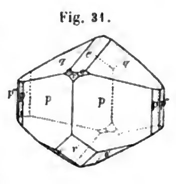
0,6430 g lieferte 0,0795 g CuO, entsprechend 12,37 % CuO. Berechnet 12,56.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7429 : 1 : 0,4946$; $\beta = 73^0\ 50'$.

Habitus: Pyramidal. Beobachtete Formen: $b = \{010\}\infty R\infty$, $c = \{001\}\ 0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty R2$, $p''' = \{130\}\infty R3$, $q = \{011\}\ R\infty$, $o = \{111\}-P$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r = \{201\}-2P\infty$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

Der gewöhnliche Habitus der Krystalle des schwefelsauren Cäsium-Kupfers ist in Fig. 31 dargestellt. Die vorherrschenden Flächen sind diejenigen des Prismas $p\{110\}$ und des Klinodomas $q\{011\}$; die relativen Dimensionen dieser Flächen variiren etwas bei verschiedenen Krystallisationen, bald eine Form und bald die andere vorherrschend. Es kommt aber häufig vor, dass die beiden Formen ungefähr gleich entwickelt sind, so dass die Krystalle einen pyramidalen Habitus annehmen. Das Klinopinakoid $b\{010\}$ fehlt in der Regel ganz, folglich sind die Endigungen der Pyramiden entweder durch scharfe Ecken oder, wenn die Prismenflächen vertical länger sind, durch kurze scharfe Kanten gebildet. Die Basis $c\{001\}$ ist, wie bei allen Cäsiumsalzen der Reihe, gewöhnlich schmal, öfters bloss eine Linie. Die Flächen des Orthodomas $r'\{\bar{2}01\}$ und der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ sind meistens vorhanden in der Grösse, die in Fig. 31 angedeutet ist. Manche Krystalle wiesen keine anderen Flächen auf. Gelegentlich aber sind die Flächen des complementären Orthodomas $r\{201\}$ und der primären Hemipyramide $o\{111\}$ als drei schöne kleine Facetten vorn und hinten entwickelt. Die zwei prismatischen Formen $p'\{120\}$ und $p'''\{130\}$ kommen nur selten vor und erreichen nie grosse Dimensionen.

Fig. 31.



Die Resultate der Messungen sind die folgenden.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$ar = (100):(201)$	—	—	—	30°49′	—
$rc = (201):(001)$	1	—	43° 7′	43 1	6′
$as = (100):(101)$	—	—	—	45 29	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 21	—
$ac = (100):(001)$	—	—	—	73 50	—
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 9	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 41	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	15	63°46′— 64° 4′	63 58	63 50	8
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	—	—	—	42 20	—
$ap = (100):(110)$	—	—	—	35 30	—
$pp' = (110):(120)$	1	—	19 28	19 28	0
$p'b = (120):(010)$	1	—	35 2	35 2	0

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$p'p''' = (120):(130)$	1	—	10° 0′	9°59′	1′
$p'''b = (130):(010)$	1	—	25 2	25 3	1
$pb = (110):(010)$	2	54°30′— 54°38′	54 34	54 30	4
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	25	70 48 — 71 14	71 0	*	—
$pp = (110):(\bar{1}10)$	25	108 37 —109 15	109 0	109 0	0
$cq = (001):(011)$	38	25 16 — 25 30	25 24	*	—
$qb = (011):(010)$	2	64 31 — 64 35	64 33	64 36	3
$qq = (011):(01\bar{1})$	20	129 6 —129 23	129 12	129 12	0
$ao = (100):(111)$	—	—	—	48 36	—
$oq = (111):(011)$	1	—	26 54	26 50	4
$aq = (100):(011)$	—	—	—	75 26	—
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	15	34 24 — 34 45	34 33	34 28	5
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	—	—	—	70 6	—
$co = (001):(111)$	2	33 55 — 34 2	33 58	33 55	3
$op = (111):(110)$	2	42 51 — 42 58	42 54	42 59	5
$cp = (001):(110)$	27	76 47 — 76 59	76 54	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	20	58 20 — 58 53	58 39	58 44	5
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	19	44 14 — 44 43	44 28	44 22	6
$bo = (010):(111)$	—	—	—	70 34	—
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 26	—
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	2	65 13 — 65 30	65 21	65 22	1
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 38	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	10	49 12 — 49 34	49 20	49 16	4
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 21	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	31	87 15 — 87 36	87 26	87 27	1
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 12	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	44 44	—
$qp = (011):(110)$	31	62 52 — 63 8	63 1	63 0	1
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	72 16	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	19	34 49 — 35 10	35 1	35 1	0
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	21	91 54 — 92 8	92 3	91 59	4
$pr' = (110):(20\bar{1})$	29	52 46 — 53 18	52 57	53 0	3

Gesammtzahl der Messungen: 361.

Wie früher, bei den anderen Salzen der Reihe, wird zunächst eine [illegible]ungstabelle für die drei Kupfer enthaltenden Salze gegeben.

	Kalium-salz:	Diff.:	Rubidium-salz:	Diff.:	Cäsium-salz:
$ac = (100):(001) = \beta$	75° 32′	—50′	74° 42′	—52′	73° 50′
$as = (100):(101)$	46 11	—18	45 53	—24	45 29
$sc = (101):(001)$	29 21	—	28 49	—	28 21
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	63 19	+11	63 30	+20	63 50
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	38 22	—	38 12	—	38 9
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	24 57	+21	25 18	+23	25 41
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	41 9	—	41 48	—	42 20
$ap = (100):(110)$	35 59	— 7	35 52	—22	35 30
$pp' = (110):(120)$	19 28	—	19 28	—	19 28
$p'b = (120):(010)$	34 33	+ 7	34 40	+22	35 2
$p'p''' = (120):(130)$	9 54	—	9 55	—	9 59
$p'''b = (130):(010)$	24 39	+ 6	24 45	+18	25 3
$pb = (110):(010)$	54 1	—	54 8	—	54 30
$cq = (001):(011)$	26 11	—17	25 54	—30	25 24
$qb = (011):(010)$	63 49	—	64 6	—	64 36
$ao = (100):(111)$	49 28	—23	49 5	—29	48 36
$oq = (111):(011)$	27 35	—	27 11	—	26 50
$aq = (100):(011)$	77 3	—47	76 16	—50	75 26
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	34 30	—	34 24	—	34 28
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	68 27	+53	69 20	+46	70 6
$co = (001):(111)$	35 6	—35	34 31	—36	33 55
$op = (111):(110)$	43 14	—	43 8	—	42 59
$cp = (001):(110)$	78 20	—41	77 39	—45	76 54
$po' = (110):(11\bar{1})$	56 58	—	57 50	—	58 44
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	44 42	—11	44 31	— 9	44 22
$bo = (010):(111)$	69 50	+18	70 8	+26	70 34
$os = (111):(101)$	20 10	—	19 52	—	19 26
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	65 3	+ 5	65 8	+14	65 22
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	24 57	—	24 52	—	24 38
$sq = (101):(011)$	38 32	—33	37 59	—38	37 21
$qp = (011):(\bar{1}10)$	85 32	+50	86 22	+65	87 27
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	55 56	—	55 39	—	55 12
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	45 17	—	45 1	—	44 44
$qp = (011):(110)$	63 51	—29	63 22	—22	63 0
$ps' = (110):(10\bar{1})$	70 52	+45	71 37	+39	72 16
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	34 43	+10	34 53	+ 8	35 1
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	92 49	—	92 17	—	91 59
$pr' = (110):(20\bar{1})$	52 28	+22	52 50	+10	53 0

Die Krystalle der Kupfer-Salze zeigen, wie zu erwarten war, der eigenthümlichen Eigenschaft des Kupfers wegen, Differenzen, die etwas verschieden sind von denjenigen, welche für die anderen Salze gefunden worden sind. Der Einfluss des zweiten Metalls wird hier merklich; es bewirkt eine Veränderung der absoluten Werthe der Winkel und der absoluten Grössen der Differenzen zwischen analogen Winkeln. Aber eine sehr wichtige Thatsache tritt hervor, welche andeutet, dass die Beziehungen zwischen den vorher bei den anderen Salzen gefundenen Differenzen nicht zufällig sind, nämlich die, dass jene Beziehungen, welche für die dasselbe zweite Metall enthaltenden Salze des Kaliums, Rubidiums und Cäsiums gefunden worden sind, nur um so strenger bei den drei Kupfersalzen gelten.

So sind, obschon der Einfluss des zweiten Metalls bemerkbar wird in der Verminderung der absoluten Grössen der Differenzen des Axenwinkels von ungefähr 70′ (wie sie bei den anderen Salzen gefunden wurden) zu ungefähr 50′, doch die relativen Grössen jener Differenzen (50′ und 52′) streng proportional den Veränderungen des Atomgewichtes, wenn man von Kalium zu Rubidium (Atomgewichtszunahme 46) und von Rubidium zu Cäsium (Atomgewichtszunahme 48) übergeht.

Von 38 verglichenen Winkeln folgen 37 der Regel, dass die Werthe des Rubidiumsalzes zwischen denjenigen der analogen Winkel bei den Kalium- und Cäsiumsalzen liegen. Die einzige Ausnahme kommt bei dem Winkel qo' vor, wofür die Differenzen sehr klein (—6′ und +4′) sind, in Folge der Thatsache, dass die grossen Veränderungen der anliegenden Winkel aq und $o'a$ beinahe gleich sind und nach verschiedenen Richtungen stattfinden.

Die grösste Abweichung von der directen Proportionalität des Atomgewichtes kommt wieder bei den Winkeln der Prismenzone vor; hier ist das Verhältniss der Differenzen für den Winkel $ap = 1 : 3$. Es ist zu bemerken, dass die absoluten Beträge (7′ und 22′) geringer sind, als bei den vorher verglichenen Salzen, obgleich ihr Verhältniss dasselbe ist, wie bei den Magnesiumsalzen, wofür die Differenzen 12′ und 36′ betrugen.

Also sieht man, dass die Individualität des zweiten Metalls, hier also des Kupfers, nur die absoluten Werthe der Differenzen berührt; ihre relativen Werthe folgen genau den Regeln, welche vorher bei den anderen verglichenen Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalzen beobachtet wurden.

Die Differenzen der Axenverhältnisse sind wieder klein, der Neutralisirung der entgegengesetzten Winkelveränderungen wegen.

Für schwefelsaures Kalium-Kupfer $a : b : c = 0,7490 : 1 : 0,5088$
- - Rubidium- - $a : b : c = 0,7490 : 1 : 0,5029$
- - Cäsium- - $a : b : c = 0,7429 : 1 : 0,4946$.

Cadmiumsalze.

Wie in der Einleitung erwähnt wurde, sind alle Versuche das Salz $K_2Cd(SO_4)_2.6H_2O$ darzustellen, erfolglos geworden.

Schwefelsaures Rubidium-Cadmium, $Rb_2Cd(SO_4)_2.6H_2O$.

Gute Krystalle dieses Salzes darzustellen machte mehr Schwierigkeit, als bei irgend einem anderen der Reihe. Sie verwittern so schnell, dass die Flächen ihren Glanz nur während einer kurzen Zeit nach ihrer Entfernung aus der Mutterlauge behalten und der Krystall sehr rasch ganz undurchsichtig wird. Drei ziemlich gute Krystallisationen wurden schliesslich erhalten und daraus zehn der besten Krystalle gewählt, welche so schnell als möglich gemessen wurden.

Bestimmungen von Schwefelsäure und Cadmium gaben die folgenden Resultate:

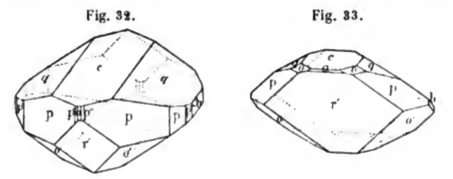
1,0980 g gab 0,8785 g $BaSO_4$, entsprechend 27,47% SO_3. Berechn. 27,49.

0,8570 g gab 0,1860 g CdO, entsprechend 21,70% CdO. Berechnet 21,99.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7346 : 1 : 0,4931$; $\beta = 74^\circ 7'$.

Habitus: Mehr oder weniger tafelförmig. Beobachtete Formen: $a = \{100\}\infty P\infty$, $b = \{010\}\infty P\infty$, $c = \{001\}0P$, $p = \{110\}\infty P$, $p' = \{120\}\infty P2$, $p'' = \{210\}\infty P2$, $p''' = \{130\}\infty P3$, $q = \{011\}P\infty$, $o = \{111\}-P$, $o' = \{\bar{1}11\}+P$, $r' = \{\bar{2}01\}+2P\infty$.

Die Krystalle der drei erhaltenen Krystallisationen variirten sehr im Habitus. Diejenigen der ersten Krystallisation gehörten dem Typus an, der



in Fig. 32 dargestellt ist, wobei die die Gestalt bedingenden Formen, die Basis $c\{001\}$, das Klinodoma $q\{011\}$, das primäre Prisma $p\{110\}$, das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$, und die Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$, mehr oder weniger gleich ausgebildet waren. Diejenigen der zweiten Krystallisation waren den Krystallen von schwefelsaurem Rubidium-Nickel (Fig. 20) ähnlich, an denen die Basis und das primäre Prisma vorherrschen. Die Krystalle der dritten Krystallisation zeigten (Fig. 33) eine eigenthümliche grosse Entwickelung des Orthodomas r', so dass sie darnach tafelförmig waren. Die einzigen anderen vorherrschenden Flächen waren diejenigen der Hemipyramide o', welche öfters ausneh-

mend gross für diese Form erschienen. Die Flächen der Basis, des primären Prismas p und des Klinodomas $q\{011\}$ waren gewöhnlich klein; die beiden letzten Formen häufig so klein, dass sie kaum sichtbar waren und zuweilen fehlten einige ihrer Flächen ganz.

Bei allen drei Krystallarten waren die Flächen der anderen Formen gewöhnlich sehr klein; gelegentlich aber wurden die Prismen $p'\{120\}$ und $p'''\{130\}$ und die primäre Hemipyramide $o\{111\}$ gut entwickelt gefunden, und dann lieferten ihre Flächen vortreffliche Reflexe.

Die Resultate der Messungen sind:

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	45° 29'	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 38	—
$ac = (100):(001)$	2	74° 8' — 74° 11'	74° 9'	74 7	2'
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 22	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	25 34	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	15	64 1 — 64 13	64 6	63 56	10
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	2	44 40 — 44 48	44 44	44 57	13
$ap'' = (100):(210)$	1	—	19 15	19 27	12
$p''p' = (210):(110)$	2	15 47 — 15 53	15 50	15 47	3
$ap = (100):(110)$	8	35 0 — 35 45	35 16	35 14	2
$pp' = (110):(120)$	14	19 4 — 19 57	19 26	19 28	2
$p'b = (120):(010)$	9	34 55 — 35 30	35 19	35 18	1
$p'p''' = (120):(130)$	6	9 45 — 10 14	9 55	10 2	7
$p'''b = (130):(010)$	7	25 4 — 25 34	25 19	25 16	3
$pb = (110):(010)$	20	54 25 — 54 55	54 46	*	—
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	20	70 18 — 70 45	70 29	70 28	1
$pp = (110):(\bar{1}10)$	18	109 12 — 109 41	109 31	109 32	1
$cq = (001):(011)$	37	25 17 — 25 34	25 24	*	—
$qb = (011):(010)$	19	64 18 — 64 50	64 36	64 36	0
$qq = (011):(01\bar{1})$	15	129 1 — 129 24	129 12	129 12	0
$ao = (100):(111)$	—	—	—	48 35	—
$oq = (111):(011)$	1	—	27 7	27 6	1
$aq = (100):(011)$	2	75 45 — 75 48	75 46	75 41	5
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	9	34 17 — 35 25	34 43	34 41	2
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	2	69 14 — 69 55	69 34	69 38	4
$co = (001):(111)$	3	34 10 — 34 14	34 12	34 6	6
$op = (111):(110)$	3	42 50 — 42 53	42 51	42 59	8
$cp = (001):(110)$	32	77 0 — 77 11	77 5	*	—
$po' = (110):(11\bar{1})$	18	58 12 — 58 58	58 28	58 26	2
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	23	43 53 — 44 59	44 27	44 29	2

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$bo = (010):(111)$	4	70°30′— 70°45′	70° 39′	70°38′	1′
$os = (111):(101)$	—	—	—	19 22	—
$oo = (111):(1\bar{1}1)$	2	38 42 — 38 44	38 43	38 44	1
$bo' = (010):(\bar{1}11)$	4	65 15 — 65 36	65 26	65 30	4
$o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	—	—	—	24 30	—
$o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	2	48 58 — 49 6	49 2	49 0	2
$sq = (101):(011)$	—	—	—	37 33	—
$qp = (011):(\bar{1}10)$	18	87 14 — 87 34	87 24	87 23	1
$ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	55 4	—
$s'q = (\bar{1}01):(011)$	—	—	—	44 54	—
$qp = (011):(110)$	18	63 0 — 63 27	63 17	63 18	1
$ps' = (110):(10\bar{1})$	—	—	—	71 48	—
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	18	34 29 — 35 13	34 59	34 50	9
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	19	92 16 — 92 58	92 30	92 35	5
$pr' = (110):(20\bar{1})$	25	52 23 — 52 48	52 31	52 35	4

Gesammtzahl der Messungen: 398.

Schwefelsaures Cäsium-Cadmium, $Cs_2Cd(SO_4)_2.6H_2O$.

Schwefelsaures Cäsium-Cadmium krystallisirt viel leichter als schwefelsaures Rubidium-Cadmium aus Lösungen, welche gleiche Moleküle der beiden einfachen Sulfate enthalten. Die Krystalle sind auch vollkommener durchsichtig und beständiger als diejenigen des Rubidiumsalzes. Sie verwittern jedoch langsam und werden undurchsichtig, wenn sie nicht in dichtgeschlossenen Flaschen aufbewahrt werden.

Zehn, aus drei verschiedenen Krystallisationen stammende Krystalle wurden gemessen.

Analysen anderer Krystalle aus einer dieser Krystallisationen lieferten die folgenden Resultate:

0,9300 g lieferten 0,6450 g $BaSO_4$, entsprechend 23,81% SO_3. Berechnet 23,60.

1,0195 g lieferten 0,1900 g CdO, entsprechend 18,64% CdO. Berechnet 18,88.

Axenverhältniss: $a : b : c = 0,7259 : 1 : 0,4906; \beta = 72° 49'$.

Habitus: Prismatisch. Beobachtete Formen: $a = \{100\} \infty P\infty$, $b = \{010\} \infty P\infty$, $c = \{001\} 0P$, $p = \{110\} \infty P$, $p' = \{120\} \infty P2$, $p'' = \{210\} \infty P2$, $p''' = \{130\} \infty P3$, $q = \{011\} \infty P$, $m = \{021\} 2P\infty$, $o = \{111\} -P$, $o' = \{\bar{1}11\} +P$, $n = \{121\} -2P2$, $r' = \{\bar{2}01\} +2P\infty$.

Der gewöhnliche Habitus dieses Salzes ist in Fig. 34 dargestellt. Er ist durch die verhältnissmässig grosse Entwickelung der Flächen der primären Hemipyramide $o\{111\}$ und des Prismas $p'\{120\}$ charakterisirt. Die

Flächen der Basis $c\{001\}$ erreichen häufig die Breite, welche in der Zeichnung angedeutet ist, sie sind aber ebenso häufig viel schmäler, wie bei allen anderen Cäsiumsalzen der Reihe. Die Klinodomenflächen $q\{011\}$ sind immer gross entwickelt und herrschen öfters vor. Die Flächen der beiden Prismen $p\{110\}$ und $p'\{120\}$ sind gewöhnlich ungefähr gleich stark entwickelt, doch sind die p'-Flächen auch nicht selten grösser, als diejenigen des primären Prismas p. Das Klinopinakoid $b\{010\}$ ist in der Regel ebenfalls gut ausgebildet, und wie in der Zeichnung gezeigt ist, sind die sämmtlichen Flächen der Zone $[bqc]$ etwas verlängert, sodass die Krystalle einen prismatischen Habitus annehmen. Das Orthodoma $r'\{\bar{2}01\}$ erreicht gleichfalls beträchtliche Wichtigkeit. Alle diese Flächen lieferten, mit wenigen Ausnahmen, vortreffliche Reflexe. Die Flächen der Hemipyramide $o'\{\bar{1}11\}$ wurden gewöhnlich zu derselben Breite wie diejenigen der primären Hemipyramide $o\{111\}$ entwickelt gefunden; ihre Reflexe aber waren selten so gut, als die von den letztgenannten Flächen erhaltenen. Die anderen Formen, die beiden Prismen $p''\{210\}$ und $p'''\{130\}$, das Orthopinakoid $a\{100\}$, das Klinodoma $m\{021\}$, und die Hemipyramide $n\{121\}$, sind nur selten vorhanden und immer sehr klein.

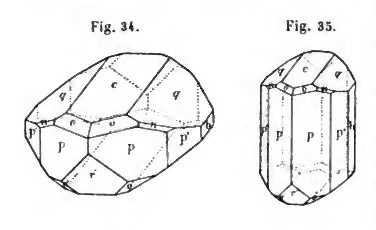


Fig. 34. Fig. 35.

Gelegentlich wurden Krystalle gefunden, an denen die Flächen der Prismenzone so verlängert sind, dass sie einen prismatischen Habitus in dieser Richtung hervorbringen. Einer der zehn gemessenen Krystalle gehörte zu diesem Typus und ist in Fig. 35 gezeichnet.

Die Resultate der Messungen sind.

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$as = (100):(101)$	—	—	—	44°31′	—
$sc = (101):(001)$	—	—	—	28 18	—
$ac = (100):(001)$	1	—	72°47′	72 49	2′
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	—	—	—	38 54	—
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	—	—	—	26 11	—
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	18	65° 2′ — 65°15′	65 8	65 5	3
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	1	—	42 7	42 6	1
$ap'' = (100):(210)$	—	—	—	19 7	—
$p''p = (210):(110)$	1	—	15 32	15 37	5
$ap = (100):(110)$	2	34 44 — 34 45	34 44	34 44	0

		Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
pp'	= (110):(120)	30	19° 16' — 19° 43'	19° 27'	19° 28'	1'
$p'b$	= (120):(010)	30	35 30 — 35 58	35 48	35 48	0
$p'p'''$	= (120):(130)	1	—	10 9	10 7	2
$p'''b$	= (130):(010)	1	—	25 35	25 41	6
pb	= (110):(010)	32	55 2 — 55 25	55 16	*	—
pp	= (110):$(1\bar{1}0)$	17	69 22 — 69 34	69 28	69 28	0
pp	= (110):$(\bar{1}10)$	16	110 23 — 110 41	110 32	110 32	0
cq	= (001):(011)	40	25 3 — 25 17	25 8	*	—
qm	= (011):(021)	1	—	17 56	18 3	7
mb	= (021):(010)	1	—	46 54	46 49	5
qb	= (011):(010)	30	64 43 — 64 57	64 52	64 52	0
qq	= (011):$(01\bar{1})$	18	129 34 — 129 50	129 44	129 44	0
ao	= (100):(111)	1	—	47 38	47 37	1
oq	= (111):(011)	11	26 43 — 27 4	26 54	26 52	2
aq	= (100):(011)	1	—	74 23	74 29	6
qo'	= (011):$(\bar{1}11)$	15	35 3 — 35 26	35 15	35 11	4
$o'a$	= $(\bar{1}11)$:$(\bar{1}00)$	1	—	70 22	70 20	2
co	= (001):(111)	20	33 20 — 33 53	33 34	33 38	4
op	= (111):(110)	22	42 10 — 42 40	42 23	42 19	4
cp	= (001):(110)	31	75 45 — 76 11	75 57	*	—
po'	= (110):$(11\bar{1})$	23	58 55 — 59 20	59 5	59 8	3
$o'c$	= $(11\bar{1})$:$(00\bar{1})$	25	44 40 — 45 19	44 58	44 55	3
bn	= (010):(121)	—	—	—	55 28	—
no	= (121):(111)	—	—	—	15 33	—
bo	= (010):(111)	5	71 3 — 71 9	71 5	71 1	4
os	= (111):(101)	—	—	—	18 59	—
oo	= (111):$(1\bar{1}1)$	1	—	37 59	37 58	1
bo'	= (010):$(\bar{1}11)$	8	65 19 — 65 38	65 29	65 30	1
$o's'$	= $(\bar{1}11)$:$(\bar{1}01)$	—	—	—	24 30	—
$o'o'$	= $(\bar{1}11)$:$(\bar{1}\bar{1}1)$	3	48 55 — 49 10	49 3	49 0	3
sq	= (101):(011)	—	—	—	37 9	—
qp	= (011):$(\bar{1}10)$	26	88 32 — 88 53	88 44	88 43	1
ps	= $(\bar{1}10)$:$(\bar{1}0\bar{1})$	—	—	—	54 8	—
$s'q$	= $(\bar{1}01)$:(011)	—	—	—	45 12	—
qn	= (011):(121)	1	—	26 14	26 11	3
np	= (121):(110)	1	—	36 13	36 19	6
qp	= (011):(110)	27	62 18 — 62 41	62 29	62 30	1
ps'	= (110):$(10\bar{1})$	—	—	—	72 18	—

	Zahl der Messungen:	Grenzen:	Mittel beobachtet:	Berechnet:	Diff.:
$r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	19	34°59' — 35°27'	35°16'	35°15'	1'
$o'm = (\bar{1}11):(021)$	1	—	36 49	36 52	3
$mp = (021):(110)$	1	—	55 25	55 27	2
$o'p = (\bar{1}11):(110)$	18	92 13 — 92 36	92 20	92 19	1
$pr' = (110):(20\bar{1})$	24	52 12 — 52 35	52 24	52 26	2

Gesammtzahl der Messungen: 525.

Die folgende Tabelle gestattet die Vergleichung der beiden Cadmium enthaltenden Salze.

	Rubidiumsalz:	Diff.:	Cäsiumsalz:
$ac = (100):(001) = \beta$	74° 7'	—78'	72°49'
$as = (100):(101)$	45 29	—58	44 31
$sc = (101):(001)$	28 38	—	28 18
$cr' = (001):(\bar{2}01)$	63 56	+69	65 5
$cs' = (001):(\bar{1}01)$	38 22	—	38 54
$s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$	25 34	+37	26 11
$r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$	41 57	—	42 6
$ap'' = (100):(210)$	19 27	—20	19 7
$p''p = (210):(110)$	15 47	—	15 37
$ap = (100):(110)$	35 14	—30	34 44
$pp' = (110):(120)$	19 28	—	19 28
$p'b = (120):(010)$	35 18	+30	35 48
$p'p''' = (120):(130)$	10 2	—	10 7
$p'''p = (130):(010)$	25 16	+25	25 41
$pb = (110):(010)$	54 46	—	55 16
$cq = (001):(011)$	25 24	—16	25 8
$qb = (011):(010)$	64 36	—	64 52
$ao = (100):(111)$	48 35	—58	47 37
$oq = (111):(011)$	27 6	—	26 52
$aq = (100):(011)$	75 41	—72	74 29
$qo' = (011):(\bar{1}11)$	34 41	—	35 11
$o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$	69 38	+42	70 20
$co = (001):(111)$	34 6	—28	33 38
$op = (111):(110)$	42 59	—	42 19
$cp = (001):(110)$	77 5	—68	75 57
$po' = (110):(11\bar{1})$	58 26	—	59 8
$o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$	44 29	+26	44 55
$bo = (010):(111)$	70 38	+23	71 1
$os = (111):(101)$	19 22	—	18 59

		Rubidiumsalz:	Diff.:	Cäsiumsalz:
bo'	$= (010):(\bar{1}11)$	65° 30′	0′	65° 30′
$o's'$	$= (\bar{1}11):(\bar{1}01)$	24 30	—	24 30
sq	$= (101):(011)$	37 33	—24	37 9
qp	$= (011):(\bar{1}10)$	87 23	+80	88 43
ps	$= (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$	55 4	—	54 8
$s'q$	$= (\bar{1}01):(011)$	44 54	—	45 12
qp	$= (011):(110)$	63 18	—48	62 30
ps'	$= (110):(10\bar{1})$	71 48	+30	72 18
$r'o'$	$= (\bar{2}01):(\bar{1}11)$	34 50	+25	35 15
$o'p$	$= (\bar{1}11):(110)$	92 35	—	92 19
pr'	$= (110):(20\bar{1})$	52 35	— 9	52 26

Die oben gegebenen Differenzen sind denjenigen zwischen schwefelsaurem Rubidium-Zink und schwefelsaurem Cäsium-Zink sehr ähnlich, aber ein wenig grösser, vielleicht des viel höheren Atomgewichtes des Cadmiums wegen. Sie sind alle von derselben Ordnung und demselben Zeichen. Ausserdem ist es augenscheinlich, dass die Winkel bo' und $o's'$ keine bemerkbare Aenderung zeigen, wie bei allen anderen verglichenen Salzen, mit Ausnahme derjenigen des Kupfers, beobachtet wurde. Hiernach kann man nicht zweifeln, dass, wenn man das Kaliumsalz mit sechs Molekülen Wasser darstellen könnte, die drei Cadmium enthaltenden Salze genau den vorher für alle anderen Salze der Reihe beobachteten Regeln folgen würden.

Die Axenverhältnisse variiren etwas nach derselben Richtung und in demselben Betrage, wie für alle anderen Rubidium- und Cäsiumsalze der Reihe gefunden worden ist.

Für schwefelsaures Rubidium-Cadmium $a:b:c = 0,7346:1:0,4931$
- - Cäsium- - $a:b:c = 0,7259:1:0,4906.$

Schlussfolgerungen.

1. Die relative Leichtigkeit der Bildung der Salze, welche Kalium, resp. Rubidium und Cäsium enthalten.

Es wurde beobachtet, dass das Cäsium durchweg die Doppelsulfate mit 6 Molekülen Wasser mit der grössten Leichtigkeit bildet und das Kalium mit der geringsten. Besonderen Beweis dafür liefern die Kobalt, Kupfer, Mangan und Cadmium enthaltenden Salze. Was die Kobaltverbindungen betrifft, so ergab sich, dass sich grosse Schwierigkeiten der Darstellung gut ausgebildeter Krystalle des Kalium-Kobaltsalzes entgegenstellten und es beträchtliche aber etwas weniger Mühe erforderte, geeignete Krystalle des

Rubidiumsalzes zu erhalten, während im Gegentheil grosse und gut ausgebildete Krystalle von schwefelsaurem Cäsium-Kobalt unter genau denselben Bedingungen sich leicht absetzten. Aehnliche Bemerkungen gelten noch strenger bei den Kupfer enthaltenden Salzen. Hinreichend gute Krystalle von schwefelsaurem Kalium-Kupfer wurden nur mit der grössten Schwierigkeit dargestellt und waren beinahe immer etwas trübe oder sogar ganz undurchsichtig, während das analoge Cäsiumsalz sich immer leicht in vollkommen durchsichtigen und schön ausgebildeten Krystallen absetzt. Die Thatsache wird noch klarer bewiesen durch die Unmöglichkeit, Krystalle von den Salzen $K_2Mn(SO_4)_2.6H_2O$ und $K_2Cd(SO_4)_2.6H_2O$ darzustellen, und durch die Beobachtung, dass, während die Krystalle von schwefelsaurem Cäsium-Cadmium leicht erhalten werden und immer vollkommen durchsichtig und ziemlich beständig sind, das analoge Rubidiumsalz gewöhnlich Krystalle bildet, welche mehr oder weniger trübe sind und rasch nach ihrer Entfernung aus der Mutterlauge verwittern. Es ergiebt sich also Folgendes:

Die Salze der monosymmetrischen Reihe $R_2M(SO_4)_2.6H_2O$, welche Cäsium als das Alkalimetall enthalten, weisen die grösste Bildungsleichtigkeit und Krystallisationsfähigkeit auf, diejenigen, welche Kalium enthalten, die geringste; die Rubidiumsalze stehen in dieser Hinsicht dazwischen.

2. Beziehungen des »Habitus«.

Es ist merkwürdig, dass, obschon die sämmtlichen 22 untersuchten Salze mehr oder weniger dieselben Combinationen darstellen, und deren Flächen unter Winkeln geneigt sind, die höchstens $2\frac{1}{2}^0$ von einander abweichen, doch jedes Salz durch eine gewisse Eigenthümlichkeit im Habitus oder durch das Hinzutreten gewisser seltener Formen charakterisirt wird, welche es von allen anderen der Reihe unterscheiden.

Dessenungeachtet herrscht eine sehr entschiedene Aehnlichkeit, was die relative Ausbildung der gewöhnlich vorhandenen Flächen betrifft, zwischen den Krystallen aller Kalium enthaltenden Salze, ebenso aller Rubidiumsalze, endlich aller Cäsiumsalze. Diese Thatsache wird besonders gut bewiesen, wenn man die relative Entwickelung der Endflächen beachtet. Bei den Kaliumsalzen ist die Basis $c\{001\}$ immer vorherrschend und die Klinodomenflächen $q\{011\}$ verhältnissmässig klein. Bei den Rubidiumsalzen sind die Klinodomenflächen gewöhnlich viel grösser entwickelt und die Flächen der Basis vermindert aber noch etwas vorherrschend. Bei den Cäsiumsalzen aber ist die Basis gewöhnlich zu einem schmalen Streifen und sogar häufig zu bloss einer Linie reducirt, während die Klinodomenflächen so gross geworden sind, dass sie überaus vorherrschen. Die Rubidiumsalze treten also in Bezug auf ihre relative Entwicklung der Endflächen

dazwischen. Diese Thatsache ist bei allen acht Reihen von je drei Salzen beobachtet worden. Sie wird sehr klar, wenn man die Figuren 2, 3 und 4 der Magnesium enthaltenden Salze des Kaliums, Rubidiums und Cäsiums, die Figg. 6, 8 und 10 der drei Zink enthaltenden, und die Figg. 29, 30 und 31 der Kupfer enthaltenden Salze vergleicht.

Der Erfolg dieser Verschiedenheit in der relativen Entwickelung der Endflächen ist der, dass die äussere Gestalt der drei Salzclassen ganz verschieden ist. Die grosse Entwickelung der Basis bei den Kaliumsalzen verursacht, dass die Krystalle entweder tafelförmig danach sind, wenn die Prismenflächen vertical kurz erscheinen, oder dass sie den Habitus eines Prismas mit breiten, flachen Enden annehmen, wenn die Prismenflächen länger sind. Dagegen verursacht das grosse Uebergewicht der Klinodomenflächen bei den Cäsiumsalzen, dass die Krystalle den Habitus von Prismen annehmen, deren Flächen diejenigen des Klinodomas sind; und da gewöhnlich auch die Klinodomenflächen verlängert in der Richtung *cq* sind, sind diese Prismen etwa zweimal so lang als breit und ihre Enden werden durch die Flächen des Prismas *p*, welche selbst die Prismenflächen bei den Kaliumsalzen sind, gebildet. Wenn die Klinodomenflächen nicht so lang sind, wie es bei schwefelsaurem Cäsium-Kupfer der Fall ist, so zeigen die Krystalle einen pyramidalen Habitus, einem Oktaëder ähnlich, und sind folglich wieder von den Kaliumsalzen ganz verschieden.

Die Rubidiumsalze weisen immer einen Habitus auf, der einen mittleren Charakter besitzt; bald nähert er sich demjenigen der Kaliumsalze und bald demjenigen der Cäsiumsalze, am häufigsten aber ist er ungefähr in der Mitte zwischen beiden.

Aus den Beobachtungen können also folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Die Krystalle der Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze dieser Reihe, obgleich sie durch dieselben gemeinschaftlichen Flächen begrenzt sind, besitzen jede Classe für sich einen specifischen charakteristischen Habitus; derjenige der Krystalle der Kaliumsalze ist ganz verschieden von demjenigen der Cäsiumsalze, und der Habitus der Krystalle der Rubidiumsalze steht gewöhnlich dazwischen. Die Beziehungen zwischen den gewöhnlichen geometrischen Gestalten der Kalium-, resp. Rubidium- und Cäsiumsalze sind daher geradezu von den Beziehungen zwischen den Atomgewichten der Alkalimetalle abhängig.

3. Beziehungen zwischen den Grössen des Axenwinkels β.

Eines der merkwürdigsten Resultate dieser Untersuchung ist die einfache Beziehung, welche durchweg zwischen den Differenzen in den

Werthen dieses Fundamentalwinkels für die Kalium- resp. Rubidium- und Cäsiumsalze und den Differenzen der Atomgewichte der drei Alkalimetalle beobachtet worden ist. Diese Differenzen in den Grössen des Axenwinkels sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Zweites Metall:	β für Kaliumsalz:	Diff.:	β für Rubidiumsalz:	Diff.:	β für Cäsiumsalz:
Magnesium	75° 12′	—71′	74° 1′	—67′	72° 54′
Zink	75 12	—65	74 7	—68	72 59
Eisen	75 28	—72	74 16	—68	73 8
Mangan	—	—	74 3	—70	72 53
Nickel	75 0	—63	73 57	—59	72 58
Kobalt	75 5	—66	73 59	—67	72 52
Kupfer	75 32	—50	74 42	—52	73 50
Cadmium	—	—	74 7	—78	72 49

In jedem Fall steht der Werth des Axenwinkels für das Rubidiumsalz annähernd in der Mitte zwischen den Werthen für das Kalium- und Cäsiumsalz. Da dieses Ereigniss nicht ein zufälliges ist, welches sich in den Magnesium, Zink, Eisen, Nickel und Kobalt enthaltenden Salzen wiederholt wegen der kleinen Aenderung der Winkel durch den Wechsel des Metalls, wird durch die Thatsache bewiesen, dass bei den drei Kupfer enthaltenden Salzen, worin wegen der eigenthümlichen chemischen Eigenschaft des Kupfers die Differenzen kleiner und die absoluten Werthe der Winkel beträchtlich verschieden sind, genau dieselbe Beziehung zwischen den Differenzen erhalten wird. Es kann auch kein Zweifel sein, dass, wenn die Mangan und Cadmium enthaltenden Kaliumsalze dargestellt werden könnten, die Differenzen für diese ebenfalls der Regel folgen würden.

Es ist daran zu erinnern, dass die Differenz zwischen den Atomgewichten des Kaliums (39) und des Rubidiums (85) 46 ist, und dass die Differenz zwischen den Atomgewichten des Rubidiums und des Cäsiums (133) 48 ist, d. h. dass die Differenzen ungefähr gleich sind; auch dass die wirklichen Winkel zwischen den verticalen und geneigten Axen die Supplemente der goniometrischen in den Tabellen gegebenen Winkel sind, so dass die wirklichen Axenwinkel vom Kalium zum Cäsium zunehmen.

Die den Axenwinkel betreffende Regel kann jetzt im Allgemeinen wie folgt ausgesprochen werden:

Der Axenwinkel β nimmt bei Krystallen der Salze dieser Reihe mit der Zunahme des Atomgewichtes des darin enthaltenden Alkalimetalls zu, und seine Grösse bei irgend einem Rubidiumsalz ist in der Mitte zwischen den Werthen für das dasselbe zweite Metall enthaltende Kalium- und Cäsiumsalz. Die Differenzen zwischen den Grössen des Axenwinkels für analoge Kalium- resp. Rubidium- und



Cäsiumsalze sind daher direct proportional den Differenzen zwischen den Atomgewichten der Alkalimetalle.

Die letzte Regel kann auch anders wie folgt ausgedrückt werden:

Die relativen Beträge der Veränderung, welche in der Grösse des Axenwinkels durch die Ersetzung des Alkalimetalls Kalium durch Rubidium, und dann des Rubidiums durch Cäsium, hervorgebracht wird, stehen in demselben Verhältnisse, wie die relativen Differenzen zwischen den Atomgewichten der ausgewechselten Metalle.

Diese Veränderungen in der Grösse des Axenwinkels, die durch die Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein anderes hervorgebracht werden, sind sehr beträchtlich und überschreiten gewöhnlich einen ganzen Grad, daher sind sie von den weitesten Grenzen der Messungs- und Wachsthumsfehler weit entfernt.

4. Beziehungen zwischen den anderen Winkeln.

Es ist bewiesen worden, dass die Winkelwerthe der Krystalle der Rubidiumsalze zwischen denjenigen der analogen Winkel bei den Krystallen der Kalium- und Cäsiumsalze liegen, in allen Fällen, in denen die Veränderung wahrnehmbar ist. Bei den drei Magnesium enthaltenden Salzen folgen von 36 verglichenen Winkeln 34 der Regel. Bei den Zink, resp. Eisen, Nickel und Kobalt enthaltenden Salzen folgen 33 Winkel von 36 der Regel. Endlich bei den drei Kupfer enthaltenden Salzen folgen sogar 37 von 38 verglichenen Winkeln der Regel. Ausserdem wurde für die Mangan und Cadmium enthaltenden Salze aus der ähnlichen Natur der Differenzen zwischen den untersuchten Rubidium- und Cäsiumsalzen bewiesen, dass, wenn man die analogen Kaliumsalze darstellen könnte, die Mangan und Cäsium enthaltenden Salze ebenfalls derselben Regel nachfolgen würden.

Es ist ferner bewiesen worden, dass die sehr wenigen Ausnahmen in Fällen vorkamen, worin die Veränderung kaum wahrnehmbar war, d. h. die Differenzen sich den Grenzen des möglichen Irrthums näherten, und dass diese deshalb so gering seien, weil die Veränderungen der auf beiden Seiten anliegenden Winkel in entgegengesetzten Richtungen stattfanden.

Die Regel kann jetzt im Allgemeinen wie folgt ausgesprochen werden:

Die Werthe aller Winkel zwischen den Flächen der Krystalle der Salze dieser Reihe, welche Rubidium als Alkalimetall enthalten, liegen zwischen den Werthen der analogen Winkel an den Krystallen der Salze, die Kalium resp. Cäsium enthalten.

Es ist aber ferner gezeigt worden, dass die für den Axenwinkel

giltige Regel von einfacher Proportionalität zu den relativen Aenderungen in dem Atomgewicht der Alkalimetalle für die meisten der anderen Winkel nicht giltig ist. Die grösste Abweichung von der einfachen Proportionalität wurde in allen Fällen ohne Ausnahme in dem Winkel der Prismenzone beobachtet. Das Verhältniss der Differenzen für den Hauptwinkel *ap* dieser Zone *p* (oder sein Complement *pb*) variirt, zufolge des zweiten vorhandenen Metalls, von 1 : 2 zu 1 : 3. Das Verhältnis für die drei Magnesium enthaltenden Salze ist 1 : 3, für diejenigen die Zink enthalten 1 : 2, für die Eisensalze 1 : 2,6, für die Nickelsalze 1 : 2,4, für die Kobaltsalze 1 : 2 und endlich für die Kupfersalze 1 : 3.

Es ist ferner in jedem Falle beobachtet worden, dass die Winkel der Zonen, welche zunächst der Querzone (die den Axenwinkel enthaltende Zone) liegen und die am weitesten von der Prismenzone entfernt sind, Differenzen liefern, welche der Regel der Proportionalität nahe folgen. So sind die Differenzen für die Winkel *cp* und *aq* beinahe gleich, d. h. ihr Verhältniss ist beinahe 1 : 1, während der Winkel *cq* Differenzen zeigte, die dem Verhältniss 1 : 1,6 entsprechen.

Diese Thatsachen können in folgender Weise allgemein ausgedrückt werden:

Die Differenzen zwischen den Grössen der Winkel, ausser dem Axenwinkel der Krystalle dieser Reihe, welche Kalium resp. Rubidium und Cäsium als Alkalimetall enthalten, sind im Allgemeinen nicht einfach proportional zu den Differenzen zwischen den Atomgewichten dieser Metalle. Die grösste Abweichung von einfacher Proportionalität kommt in der Prismenzone vor, worin das Verhältniss der Differenzen, zufolge der Natur des zweiten vorhandenen Metalls, von 1 : 2 bis 1 : 3 variirt.

Die Thatsache, dass die Differenzen zwischen den Grössen mancher Winkel der Cäsium- und Rubidiumsalze so viel grösser als diejenigen zwischen den Rubidium- und Kaliumsalzen sind, deutet an, dass, wenn das Atomgewicht steigt, es einen Einfluss auf diese Winkel ausübt, welcher viel stärker, als bloss verhältnissmässig seiner Zunahme ist. Dieser Einfluss ist am meisten bemerkbar bei den Winkeln der Prismenzone, und er wird um so weniger beobachtet, als die Zonen sich der Symmetrieebene nähern, bis am Ende, im Falle des Axenwinkels, welcher in der Symmetrieebene selbst liegt, alle Evidenz davon verschwindet und die Differenzen geradezu einfach proportional den numerischen Differenzen des Atomgewichtes sind.

5. Der relative Einfluss des Alkalimetalls und des zweiwerthigen Metalls.

Es ist unter den vorhergehenden Resultaten klar gemacht worden, dass die Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein anderes von beträchtlicher Veränderung der Winkelgrössen, häufig einen ganzen Grad überschreitend, begleitet wird. Dagegen ergab sich, dass die Veränderungen, welche durch die Ersetzung eines zweiwerthigen Metalls durch ein anderes hervorgebracht werden, gewöhnlich so klein sind, dass sie den Fehlergrenzen sich nähern und zwar findet man, wenn man nur die Winkel jener Salze vergleicht, deren zweiwerthige Metalle streng zu derselben Familiengruppe des periodischen Systems gehören, wie dies der Fall ist bei Kalium, Rubidium und Cäsium, dass die Winkelveränderung beinahe und zuweilen ganz unwahrnehmbar ist.

Zum Beispiel, wenn man die Axenwinkel der Magnesium, Zink und Cadmium enthaltenden Salze vergleicht, so bemerkt man die folgende merkwürdige Aehnlichkeit und beinahe Gleichheit der Winkel der Salze, welche dasselbe Alkalimetall enthalten:

Zweiwerthiges Metall:	Werth von β für das Kaliumsalz:	Werth von β für das Rubidiumsalz:	Werth von β für das Cäsiumsalz:
Magnesium	75° 12′	74° 1′	72° 54′
Zink	75 12	74 7	72 59
Cadmium	—	74 7	72 49

Und ebenso im Falle der Nickel und Kobalt enthaltenden Salze:

Nickel	75° 0′	73° 57′	72° 58′
Kobalt	75 5	73 59	72 52

Was den Axenwinkel betrifft, so ist es daher klar bewiesen, dass der Einfluss des zweiten (zweiwerthigen) Metalls, so lange als die Vergleichungen zwischen Salzen gemacht werden, deren zweiwerthige Metalle streng vergleichbar sind, praktisch nicht wahrnehmbar ist.

Genau dieselbe Bemerkung gilt für manche andere Winkel, und selbst bei jenen Zonen, worin die durch die Ersetzung eines zweiten Metalls durch ein anderes hervorgebrachten Differenzen grösser sind, sind sie noch sehr klein und bewirken nur eine kleine Modification des Verhältnisses der Differenzen zwischen den Winkeln des Kalium- und Rubidiumsalzes und des Rubidium- und Cäsiumsalzes, wie in dem letzten Paragraphen beschrieben worden ist.

Ein Unterschied aber wird beobachtet, wenn das zweiwerthige Metall einer verschiedenen Familiengruppe angehört und eine verschiedene chemische Natur besitzt. Diese Thatsache wird am deutlichsten bei dem isolirten Falle des Kupfers beobachtet. Die absoluten Werthe der Winkel

der drei Kupfer enthaltenden Salze weichen beträchtlich, zuweilen einen Grad, von denjenigen der anderen analogen Salze der Reihe ab. Obschon dieses der Fall ist, ist es eine wichtige Thatsache, welche andeutet, dass die vorhergehenden Regeln nicht zufällig sind, dass jene Regeln auch bei den drei Kupfer enthaltenden Salzen streng befolgt werden.

Diese Bemerkungen leiten zum folgenden Satze:

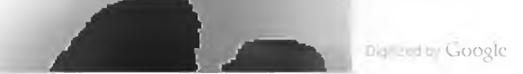
Die Alkalimetalle üben einen vorherrschenden bestimmenden Einfluss auf die geometrische Gestalt der Krystalle dieser Reihe aus. Die Grössen der Winkel werden bei der Ersetzung eines Akalimetalls durch das nächst höhere oder niedrigere um einen Betrag verändert, welcher ein Maximum von mehr als einem Grad bei gewissen Winkel erreicht, während die Ersetzung eines zweiwerthigen Metalls durch ein anderes derselben Familiengruppe nicht von irgend einer wesentlichen Winkelveränderung begleitet wird.

6. Beziehungen zwischen den Axenverhältnissen.

Einer Ursache wegen, die in Paragraph 6 der Vergleichung der drei Magnesium enthaltenden Salze ausführlich erörtert worden ist, gewährt eine Vergleichung der Axenverhältnisse der Salze dieser Reihe keine vollständige Anzeige der Veränderung der geometrischen Gestalt. Es ist bewiesen worden, dass, wenn die bestimmenden Winkel sich gleichzeitig ändern, wenn ein Alkalimetall durch ein anderes ersetzt wird, es nur die Differentialwirkung dieser gleichzeitigen Veränderungen sein wird, welche wahrnehmbar ist in einer Veränderung des Axenverhältnisses. Diese Differentialwirkung ist zuweilen so klein, dass das Axenverhältniss praktisch unverändert bleibt, und sehr häufig sind die Differenzen zwischen den Axenverhältnissen so klein, dass sie den Fehlergrenzen nahe kommen.

Es ist trotzdem der Fall, dass von den zwölf Reihen verglichener Axenverhältnisse, welche zu den Magnesium, Zink, Eisen, Nickel, Kobalt und Kupfer enthaltenden Salzen gehören, neun die Regel befolgen, dass das Verhältniss für das Rubidiumsalz zwischen den Verhältnissen der analogen Kalium- und Cäsiumsalze liegt. Ausserdem, bei den drei Ausnahmen, würde eine Differenz von einer Minute (1′) in den Winkeln, woraus sie berechnet wurden, verursachen, dass sie ebenfalls der Regel folgen würden.

Es ist ferner zu bemerken, dass die Verhältnisse für die analogen Kalium- und Rubidiumsalze immer näher beisammen als diejenigen der Rubidium- und Cäsiumsalze liegen, eine Thatsache, welche wahrscheinlich mit derselben Ursache verbunden ist, wie die Erscheinung, welche im § 4 dieser Schlussfolgerungen beschrieben worden ist.



Diese Bemerkungen, betreffend die Axenverhältnisse, können wie folgt zusammengefasst werden:

Die Wichtigkeit der Axenverhältnisse zur Documentirung der geometrischen Gestalt, die durch die Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein anderes hervorgebracht wird, ist wegen der Thatsache sehr vermindert, dass gleichzeitige Veränderungen der bestimmenden Winkel vorkommen, die mehr oder weniger einander neutralisiren und folglich verursachen, dass die Differenzen sehr klein sind. Es wird aber im Allgemeinen beobachtet, dass bei irgend einer Reihe dreier dasselbe zweiwerthige Metall enthaltender Salze die Verhältnisse für das Rubidiumsalz zwischen denjenigen des Kalium- und Cäsiumsalzes, und etwas näher denjenigen des Kaliumsalzes liegen. Die Winkelveränderungen selbst geben die einzige vollständige Anzeige der Veränderung der geometrischen Gestalt der Krystalle dieser Reihe an.

Zusammenfassung der Schlussfolgerungen.

1) Die Salze der monosymmetrischen Reihe $R_2M(SO_4)_2.6H_2O$, welche Cäsium als Alkalimetall enthalten, weisen die grösste Bildungsleichtigkeit und Krystallisationsfähigkeit auf, und diejenigen, welche Kalium enthalten, die geringste; die Rubidium enthaltenden Salze stehen in dieser Hinsicht dazwischen.

2) Die Krystalle der Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze dieser Reihe, obgleich sie durch dieselben gemeinschaftlichen Flächen begrenzt sind, besitzen jede Classe für sich einen specifischen charakteristischen Habitus; der Habitus der Krystalle der Kaliumsalze ist ganz verschieden von demjenigen der Cäsiumsalze, und der Habitus der Krystalle der Rubidiumsalze steht gewöhnlich dazwischen. Die Beziehungen zwischen den gewöhnlichen geometrischen Gestalten der Kalium- resp. Rubidium- und Cäsiumsalze sind daher geradezu von den Beziehungen zwischen den Atomgewichten der Alkalimetalle abhängig.

3) Der Axenwinkel β an den Krystallen der Salze dieser Reihe nimmt mit der Zunahme des Atomgewichtes des darin enthaltenen Alkalimetalls zu, und seine Grösse bei irgend einem Rubidiumsalz ist in der Mitte zwischen den Werthen für das dasselbe zweiwerthige Metall enthaltende Kalium- und Cäsiumsalz. Die Differenzen zwischen den Grössen des Axenwinkels für analoge Kalium- resp. Rubidium- und Cäsiumsalze sind daher einfach proportional den Differenzen zwischen den Atomgewichten der Alkalimetalle.

Der letzte Satz kann auch anders wie folgt ausgedrückt werden:

Die relativen Beträge der Veränderung, die in der Grösse des Axenwinkels durch die Ersetzung des Alkalimetalls Kalium durch Rubidium, und dann des Rubidiums durch Cäsium, hervorgebracht wird, sind einfach proportional den relativen Differenzen zwischen den Atomgewichten der ausgewechselten Metalle.

Diese Veränderungen in der Grösse des Axenwinkels, welche durch die Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein anderes hervorgebracht werden, sind sehr beträchtlich und gewöhnlich einen ganzen Grad überschreitend; daher sind sie von den weitest getrennten Grenzen der Messungs- und Wachsthumsfehler weit entfernt.

4) Die Werthe aller Winkel zwischen den Flächen der Krystalle der Salze dieser Reihe, welche Rubidium als Alkalimetall enthalten, liegen zwischen den Werthen der analogen Winkel an den Krystallen der Salze, die Kalium resp. Cäsium enthalten.

Die Differenzen zwischen den Grössen der Winkel, ausser dem Axenwinkel, der Krystalle dieser Reihe, welche Kalium resp. Rubidium und Cäsium als das Alkalimetall enthalten, sind im Allgemeinen nicht gerade proportional den Differenzen zwischen den Atomgewichten dieser Metalle. Die grösste Abweichung von der einfachen Proportionalität kommt in der Prismenzone vor, worin das Verhältniss der Differenzen, zufolge der Natur des zweiten vorhandenen Metalls, von 1 : 2 bis 1 : 3 variirt.

Die Thatsache, dass die Differenzen zwischen den Grössen mancher Winkel der Cäsium- und Rubidiumsalze so viel grösser als diejenigen zwischen den Rubidium- und Kaliumsalzen sind, deutet an, dass wenn das Atomgewicht steigt, es einen Einfluss auf diese Winkel ausübt, welcher viel stärker als bloss verhältnissmässig seiner Zunahme ist. Dieser Einfluss ist am meisten bemerkbar bei den Winkeln der Prismenzone, und er wird um so weniger auffallend, als die Zonen sich der Symmetrieebene nähern, bis am Ende, im Falle des Axenwinkels, welcher in der Symmetrieebene selbst liegt, alle Evidenz davon verschwindet und die Differenzen einfach proportional den numerischen Differenzen des Atomgewichtes sind.

5) Die Alkalimetalle üben einen vorherrschenden bestimmenden Einfluss auf die geometrische Gestalt der Krystalle dieser Reihe aus. Die Grössen der Winkel werden bei der Ersetzung eines Alkalimetalls durch das nächst höhere oder niedrigere um einen Betrag verändert, welcher ein Maximum von mehr als einem Grad bei gewissem Winkel erreicht, während die Ersetzung eines zweiwerthigen Metalls durch ein anderes derselben Familiengruppe nicht von irgend einer wesentlichen Winkelveränderung begleitet wird.

6) Die Wichtigkeit der Axenverhältnisse, die Veränderung der geometrischen Gestalt, die durch die Ersetzung eines Alkalimetalls durch ein

anderes hervorgebracht wird, anzugeben ist wegen der Thatsache bedeutend vermindert, dass gleichzeitige Veränderungen der bestimmenden Winkel vorkommen, die mehr oder weniger sich einander neutralisiren und folglich verursachen, dass die Differenzen sehr klein sind. Es wird aber im Allgemeinen beobachtet, dass bei irgend einer Reihe dreier dasselbe zweiwerthige Metall enthaltenden Salze, die Verhältnisse für das Rubidiumsalz zwischen denjenigen des Kalium- und Cäsiumsalzes, und etwas näher denjenigen des Kaliumsalzes, liegen. Die Winkelveränderungen selbst geben die einzige vollständige Anzeige der Veränderung der geometrischen Gestalt der Krystalle dieser Reihe an.

In einer zweiten Mittheilung werden die Resultate einer ähnlichen ausführlichen Untersuchung über die optischen Eigenschaften der Krystalle derselben Salze dieser Reihe gegeben werden.

---

sich so an einige Fachwörter gewöhnt hat, dass das Wort unmittelbar ihm den entsprechenden Begriff im Sinne entstehen lässt, ist es sogar schwerer, sich mit einem neuen Worte zu befreunden, wie zweckmässig und einfach auch das Wort wäre, weil schon die erworbene Gewohnheit immer das alte Wort hervorruft.

Wenn es auch als selbstverständlich gelten kann, dass die wissenschaftliche Nomenclatur ihre eigenen, von der Gewohnheit der Fachmänner unabhängigen Gründe hat, so darf man doch auch die erworbene Gewohnheit nicht ausser Acht lassen. Damit die neue Nomenclatur Anhänger erwerbe, soll sie daher nicht nur einfach und rationell sein, sondern auch möglichst der Gewohnheit Rechnung tragen. Ueberhaupt kommt ja eine neue Nomenclatur nur allmählich in's Leben, und ihre ersten Schritte sollen besonders in der Beseitigung der wichtigsten Mängel der früheren und in der Einführung solcher Fachwörter bestehen, deren Einfachheit und Vorzüge besonders klar zu Tage treten.

§ 2. Nachdem ich oben auf einige Mängel der alten Terminologie hingewiesen habe, will ich jetzt die vorliegende Aufgabe formuliren:

1) Die Fachwörter sollen ein einheitliches System bilden, und dabei soll dem System die minimale Anzahl der einfachsten Principien zu Grunde gelegt werden, welche in voller Uebereinstimmung mit den Grundbegriffen unserer Wissenschaft stehen.

2) Es soll die Aenderung in der üblichen Terminologie möglichst gering sein. Zuerst sollen die überflüssigen Namen beseitigt und eine möglichst geringe Anzahl neuer eingeführt werden, insofern es dem Wesen nach mit der Sache verträglich ist.

3) In erster Linie steht die Beseitigung der wichtigsten Mängel und der bedeutendsten Lücken in der Terminologie. Bei möglichst grösster Einfachheit kann man von der Sprachrichtigkeit absehen, weil sonst eine Aenderung der längst allgemein üblichen Fachwörter nöthig wäre.

Bei der Anwendung dieser Principien will ich zuerst die Nomenclatur der Figuren, dann die der Symmetriearten, der Symbole und endlich der Structurarten der Krystalle darlegen.

A. Nomenclatur der Figuren.

§ 3. Bei dieser Nomenclatur werde ich mich überhaupt von denjenigen Principien leiten lassen, welche jeder rationellen Nomenclatur eigen sind*), und zwar:

*) J. St. Mill, System der Logik. Buch IV, Cap. 6.

Untersuchungen anwenden; hier sollen jedoch nur wenige davon (mit ausführlicher mathematischer Behandlung) dargelegt werden, und zwar die Methode der Messung der makroskopischen Krystalle, die der optischen Untersuchung von Krystallplatten in parallelem Lichte, endlich kurz die Methode der genauen goniometrischen Untersuchung kleiner Kryställchen unter dem Mikroskope.

Gleichzeitig ist auch der Apparat für die Untersuchung von Krystallplatten unter hohem Drucke nach derselben Methode construirt worden.

Da aber für alle diese Apparate die Benennung »universal« als ziemlich sachgemäss erscheint, so halte ich auch die Uebertragung derselben Benennung auf die Methode selbst für zweckmässig*), da es mir nicht gelungen ist, ein geeigneteres Wort aufzufinden.

Wenn in dem Titel die Anwendung auf die Mineralogie (geometrische Untersuchung) und Petrographie (optische Untersuchung) betont worden ist, so geschieht dies, um 1) den Grad der Genauigkeit zu charakterisiren und 2) den Hauptzweck der Methode in ihrer jetzigen Bearbeitung darzulegen; so ist z. B. die hier beschriebene Methode der optischen Untersuchung zu genaueren Bestimmungen der Physik nicht gut geeignet, während die goniometrischen Untersuchungen den vollen Grad der Genauigkeit erreichen, welcher von der Beschaffenheit des Krystalls zugelassen wird.

Es sei noch erlaubt beizufügen, dass die Umständlichkeit in der Angabe der Correctionsdaten der Instrumente darin seinen Grund hat, dass in der jetzigen russischen speciellen Literatur, soviel ich weiss, noch kein Wort geschrieben worden ist über Ausführung der Correction der von den Autoren benutzten Instrumente, über die Vervollkommnung, welche die Construction derselben erreichte, oder sonst über das von ihnen als bestes empfohlene Verfahren der Messungen. Wir bleiben selbst darüber unsicher, inwiefern die von ihnen benutzten Apparate verificirt seien.

In dem Anhange habe ich eine Uebersetzung sämmtlicher Sätze und Formeln (ohne Beweis resp. Ableitung) aus meinen früheren, nur in russischer Sprache erschienenen beiden Abhandlungen »Elemente der Gestaltenlehre« und »Analytisch-krystallographische Studien«, von welchen in dieser Zeitschrift nur ein kurzes Referat erschienen ist (**17**, 610 u. 611), gegeben, veranlasst durch mehrfache Anfragen seitens sich für deren Inhalt interessirender Fachgenossen.

*) In dem Gebiete der Krystallographie ist das Wort schon einmal von Hrn. Prof. P. Groth gebraucht worden in Anwendung auf einen Apparat, welcher in sich verschiedene Functionen vereinigt.

in den Vordergrund gelangt, dass der richtige, nach welchem die Figur durch das Gesetz der Symmetrie charakterisirt wird, verloren geht.

Man muss aber nicht ausser Acht lassen, dass das, was eine Figur von den anderen unterscheidet und den Grund bildet, ihr eine besondere Benennung beizulegen, keineswegs das Symmetriegesetz ist, sondern das morphologische Gesetz der Bildung ihrer Flächen (dabei soll die Figur durch die typische Varietät repräsentirt werden), also die Anzahl der Flächen, ihre Form und gegenseitige Lage. Von diesem Standpunkte ist das rhombische Prisma dieselbe Figur, wie die sogenannte monokline Hemipyramide, wenn auch die Symmetriegesetze in beiden Fällen verschiedene sind.

Ich lasse jetzt die Definitionen derjenigen einfachen Figuren folgen, welche aus den erläuterten Gründen einer kritischen Revision bedürfen.

1) Unter Hemipinakoid ist eine aus einer einzigen Fläche bestehende Figur verstanden. Die Beispiele beziehen sich auf verschiedene Hemimorphien, die Hemiëdrie des triklinen Systems u. s. w.

2) Unter Pinakoid versteht man die Gesammtheit zweier paralleler Flächen (Holoëdrie des triklinen Systems u. a.).

3) Unter Hemiprisma wird die Gesammtheit zweier nicht paralleler Flächen verstanden (Hemimorphie und Hemiëdrie des monoklinen Systems u. a.).

4) Unter einem trigonalen, tetragonalen u. s. w. Prisma werden die Figuren verstanden, welche durch eine Flächenzone begrenzt werden und deren Normalschnitt ein regelmässiges Polygon ist.

5) Unter einem didigonalen (rhombischen), ditrigonalen, ditetragonalen u. s. w. Prisma werden ebenso die Figuren verstanden, welche durch eine Flächenzone begrenzt werden, deren Normalschnitt aber ein Digon ist*).

6) Unter einer Pyramide (trigonalen, tetragonalen etc.) wird eine Figur verstanden, welche durch eine Gesammtheit von in einem Punkte einander schneidenden Flächen begrenzt wird. Eine solche Figur hat eine Axe (der Symmetrie) und der zu dieser Axe normale Schnitt ist ein regelmässiges Polygon.

7) Unter einer didigonalen (rhombischen), ditrigonalen u. s. w. Pyramide wird ebenfalls eine Figur verstanden, welche durch eine Gesammtheit der in einem Punkte sich schneidenden Flächen begrenzt wird, ebenso eine Symmetrieaxe besitzt, aber deren zu dieser Axe senkrechte Schnitt ein Digon ist.

8) Unter einer Bipyramide (trigonalen, tetragonalen etc.) wird eine Gesammtheit von zwei gleichnamigen Pyramiden verstanden, welche die

*) Ein Digon entsteht aus einem regelmässigen Polygone, indem jeder Seite des letzteren ein und dasselbe gleichschenklige Dreieck hinzugefügt wird, dessen Basisseite sich mit der Seite des Polygons deckt.

gemeinsame Basisfläche und Symmetrieaxe besitzen. Die Basis ist regelmässig.

9) Unter einer didigonalen (rhombischen), ditrigonalen u. s. w. Bipyramide wird eine Gesammtheit von zwei gleichnamigen Pyramiden verstanden, welche die gemeinsame Basisfläche und Symmetrieaxe besitzen. Die Basis ist ein Digon.

Endlich 10) Sphenoëder*) sind die durch vier gleiche Dreiecke begrenzten Figuren.

Was die Unterscheidung der Figuren nach ihrer Orientirung betrifft, so treffen wir hier zwei Fälle:

a) Wenn in dieser Hinsicht die Figuren einer und derselben Reihe unterschieden werden sollen, so sind die Bezeichnungen »erster, zweiter und dritter Art« üblich, z. B. bei den Prismen, den Rhomboëdern.

b) Wenn die Figuren nicht einer und derselben Reihe angehören, so ist das genaueste und consequenteste Mittel der Unterscheidung durch das Symbol selbst durchzuführen, weil das Symbol am besten diese Orientirung charakterisirt.

Als ein Beispiel will ich die Holoëdrie des triklinen Systems anführen. Hier sind sämmtliche einfache Figuren morphologisch die gleichen und zwar Pinakoide, aber je nach der Orientirung können wir unterscheiden:

das erste Pinakoid, dessen Symbol (100) ist
- zweite - - - (010) -
- dritte - - - (001) -
die Pinakoide erster Art, deren Symbol $(0m1)$ ist
- - zweiter - - - $(n01)$ -
- - dritter - - - $(nm0)$ -
endlich - vierter - - - (nml) -

Um in der Anwendung der neuen Nomenclatur jeden Zweifel zu beseitigen, sind sämmtliche Benennungen in der diesem Kapitel beigegebenen Tabelle aufgeführt.

B. Nomenclatur der Symmetriearten.

§ 4. Wie erwähnt, kann es als allgemein anerkannt gelten, diese Nomenclatur auf diejenige der allgemeinen einfachen Figuren zu basiren, welche jeder Symmetrieart eigen sind.

Das Princip ist um so rationeller, als im Allgemeinen **) jeder besonderen Symmetrieart auch eine besondere allgemeine Figur angehört.

*) Im Gegensatze zu Sphenoiden, welche, wie Hexaide, Oktaide u. dergl., von ungleichen Flächen begrenzt sind.

**) Nicht ausnahmslos. Als Ausnahmen sind Hemiëdrie und Hemimorphie des monoklinen Systems zu erwähnen, weil diesen beiden Symmetriearten die morphologisch

Da aber viele einfache, verschiedenen Symmetriearten angehörige, Figuren gleichen Namen tragen und nur durch Ordnungszahlen unterschieden sind, so ist es nothwendig, ausser dem von dem Namen der Figur abgeleiteten Bestimmungsworte noch ein anderes beizugeben, welches die Stelle der Symmetrieart in der Reihe der anderen bestimmt.

Doch zeigt das eingehende Studium der Symmetrielehre, dass die Möglichkeit gegeben ist, die Benennungen der Symmetriearten in manchen Fällen sogar bis auf ein Wort zu verkürzen.

Der Uebersichtlichkeit wegen erlaube ich mir hier kurz alle möglichen Symmetriearten zusammenzufassen und zuerst sie streng geometrisch zu definiren.

In der Lehre von der Symmetrie*) wird mit voller Strenge bewiesen, dass ausser zwei regulären Systemen — des tesseralen (kubooktaëdrischen) und des dodekaëdrisch-ikosaëdrischen — noch eine unendliche Reihe von Systemen existirt, und in dieser Reihe die ungeraden, aus fünf Symmetriearten bestehenden, mit den geraden Systemen, welche sieben Symmetriearten enthalten, abwechseln. Jedes System wird durch eine (Haupt-) Axe der Symmetrie oder der zusammengesetzten Symmetrie charakterisirt**).

Sieben Symmetriearten eines Systems lassen sich wieder in zwei Gruppen vereinigen: eine holomorphe und eine hemimorphe. In jeder Gruppe ist immer eine Symmetrieart vorhanden, welche durch die Symmetrieebenen allein bestimmt werden kann; die Flächen einer hierzu gehörigen Figur treten stets paarweise auf, und eine Fläche dieses Paares ist symmetrisch zu der nächstliegenden. Für sämmtliche derartigen Symmetriearten wäre es möglich, ein und dasselbe Bestimmungswort anzunehmen, etwa »digonal«, oder gar keines beizufügen, so dass gerade die Abwesenheit dieses Wortes als bezeichnend für diese Symmetriearten gelten würde***).

Also erhalten wir von streng geometrischem Standpunkte aus folgende Tabelle der Symmetriearten, welche ein System zusammensetzen:

---

gleichen allgemeinen Figuren angehören, die Hemiprismen. Gerade aber für diese, wie überhaupt für alle dem digonalen System angehörenden Symmetriearten ist das allgemeine Princip anzuwenden nicht üblich.

*) Elemente der Gestaltenlehre, III. Abschnitt. S. den Auszug im Anhang. Vergl. ferner auch »Die Symmetrie der endlichen Figuren« des Verf. (Verhandl. d. russ. min. Ges. 1889, **25**, 1—57).

**) Das hexagonale System durch eine sechszählige, das tetragonale durch eine vierzählige, das trigonale durch eine dreizählige, das digonale durch eine zweizählige und endlich das monogonale durch Abwesenheit einer Axe.

***) Die Figuren dieser Symmetriearten sind es, welche sich durch gonoëdrische Spiegel demonstriren lassen.

$2p$-gonales System.

Holomorphe Gruppe:	Hemimorphe Gruppe:
1. Holoëdrie.	6. Holoëdrie.
2. Skalenoëdrische Hemiëdrie	7. Pyramidale Hemiëdrie.
3. Trapezoëdrische -	
4. Bipyramidale -	
5. Deltoëdrische Tetartoëdrie.	

Den ungeraden Systemen fehlen die Symmetriearten 2. und 5.; ihnen bleiben also nur fünf Abtheilungen übrig.

Doch ist diese geometrisch richtigste und vollkommenste Nomenclatur für den Krystallographen nicht empfehlenswerth, hauptsächlich deshalb, weil die Forderung der »möglichsten Kürze« nicht erfüllt ist. Ausserdem ist für die Krystallographie wichtig, ein ungerades System mit einem geraden (dessen Ordnungszahl die doppelte ist) in ein grösseres zusammenzufassen. Dies ist besonders darum nothwendig, weil verschiedene Symmetriearten des monogonalen Systems mit denjenigen des digonalen Systems identisch sind*).

Dies angenommen, erhalten wir jetzt eine unendliche Reihe der Systeme, deren Glieder abwechselnd 7 oder 12 Symmetriearten enthalten, ausser dem einfachsten, dem digonalen, welches statt 12 nur deren 8 enthält.

C. Krystallographische Symbole.

§ 5. Der Umstand, dass die sogenannten Miller'schen Symbole nach und nach alle anderen aus dem Gebrauche verdrängen, zeigt deutlich ihre Vorzüge. Mit der Verbreitung der neueren analytischen Krystallographie muss dieses Verdrängen immer vollständiger werden; in den Formeln dieses neuen Zweiges unserer Wissenschaft werden fast immer nur die Indices dieser Symbole aufgeführt, und selbst bei der analytischen Behandlung des Gegenstandes lassen sich diese Symbole am Einfachsten ableiten.

Wir können aber weiter gehen und die Behauptung aufstellen, dass diese Symbole die einzigen rationellen sind und dass alle anderen vollständig beseitigt werden müssen. Diese Behauptung hat darin ihren Grund, dass, einem sehr allgemeinen Gesetz des Dualismus zufolge, jede sich auf Flächen beziehende Construction sich auch analog auf Kanten anwenden lässt.

Wenn also eine bestimmte Construction uns das Symbol einer Fläche

*) Es ist nämlich skalenoedrische Hem. d. dig. Systems = bipyramid. Hem. d. dig. S.
Hemimorphie d. dig. S. = Holoëdrie d. monog. S.
pyramidale Tetart. d. dig. S. = trapezoëdr. Hem. d. mon. S.
bipyramidale Hem. d. mon. S. = Hemimorphie d. mon. S.
Darüber war Hessel schon im Jahre 1829 klar. Gehler's physikalisches Wörterbuch **5**, 1280—1283.

giebt, so soll darunter auch eine analoge vorhanden sein, welche uns das Symbol einer Kante giebt.

Für die Miller'schen Symbole, und nur für sie, ist dies wirklich der Fall. Die folgende Construction kann wohl als allgemein bekannt vorausgesetzt werden:

Fig. 1.

Sind die Axeneinheiten c_0, c_1, c_2 und ist $[r_0 r_1 r_2]$ das Symbol einer Kante, so erhalten wir durch Construction diese Kante, wenn wir den drei Axen die Grössen $OA = c_0 r_0$, $OB = c_1 r_1$ und $OC = c_2 r_2$ geben, und diese Linienelemente als die drei Kanten eines Parallelepipeds annehmen. Dann ist die Diagonale OD dieses Parallelepipeds die gesuchte Kante.

Ebenso seien für die Fläche $(p_0 p_1 p_2)$ die Linienelemente $OA' = c_0/p_0$, $OB' = c_1/p_1$ und $OC' = c_2/p_2$ auf den Axen aufgetragen, so geht durch die Endpunkte dieser Elemente die gesuchte Ebene $(A'B'C')$.

In vielen Fällen bilden eine Fläche und eine Kante, welche durch dasselbe Symbol bestimmt sind, mit einander einen dem rechten angenäherten Winkel. Für sämmtliche isotrope Zonen*) ist dieses genau der Fall, auch für Symmetrieebenen und Symmetrieaxen.

Ebenso allgemein bekannt ist die einfache Relation, welche zwischen den Symbolen zweier Flächen und ihrer Schnittkante, oder zwischen zwei Kanten und der durch sie hindurch gehenden Fläche besteht. Auch manche andere Relationen lassen sich ausschliesslich mit Hülfe dieser Symbole einfach darstellen.

Um an einem einfachen Beispiel die besonderen Vorzüge dieser Symbole klar zu legen, erlaube ich mir, auch auf das von mir aus der Theorie der Krystallstructur abgeleitete und durch directe Beobachtungen constatirte Gesetz des Wachsthums der Krystalle zurückzukommen.

Dieses Gesetz lässt sich nämlich so formuliren:

Die Wachsthumsrichtungen der Krystalle sind durch dieselben Symbole bestimmt, wie die Flächen der für die Structur charakteristischen Paralleloëder.

Diese Formulirung bezieht sich gleichmässig auf alle krystallographischen Systeme, und jede andere Formulirung wäre nicht möglich resp. nicht genau.

Ich habe mich hier nur auf ein besonders instructives Beispiel beschränkt. Freilich hätten sich auch andere angeben lassen.

Diese Symbole scheinen nur in einem einzigen Falle mangelhaft, und

*) Unter »isotroper Zone« verstehe ich diejenige, welcher zwei Paare zu einander senkrechter Flächen angehören. Es wird bewiesen, dass die diesen Zonen angehörenden Flächen sämmtlich paarweise zu einander senkrecht sind. Geometrisch isotrope Zonen sind auch optisch, thermisch u. s. w. isotrop.

zwar dem der Anwesenheit einer 6-zähligen Symmetrieaxe. In diesem Falle sind die Flächen einer und derselben einfachen Figur durch verschiedene Indiceszahlen ausgedrückt; sind drei Flächen der Figur durch Indiceszahlen $(p_0 p_1 p_2)$ ausgedrückt, so entsprechen den anderen Flächen die Indiceszahlen $(-p_0 + 2p_1 + 2p_2;\ 2p_0 - p_1 + 2p_2;\ 2p_0 + 2p_1 - p_2)$.

Diese Mangelhaftigkeit habe ich 1886 dadurch zu beseitigen versucht, dass dem Symbol das Vorzeichen + oder — beigegeben wird. Sind also Flächen der ersten Art durch das Symbol $(p_0 p_1 p_2)$ oder $+(p_0 p_1 p_2)$ charakterisirt, so gehört den anderen das Symbol $-(p_0 p_1 p_2)$ an.

Die allgemeine Verbreitung dieser rationellen Symbole wird noch dadurch verhindert, dass die Mineralogen bis jetzt nur selten Anwendung von den Kantensymbolen machen. Dieses Ignoriren eines ebenso einfachen wie genauen Mittels der Beschreibung ist unbegreiflich. Die Kante wird gewöhnlich durch zwei Flächen der Zone angegeben; man sieht aber, dass das letztere complicirter ist und an einer Willkür leidet.

Bis jetzt handelte es sich um die Symbole der einfachen Flächen. Nun ist auch über Symbole der einfachen Figuren, also den symmetrischen Gesammtheiten, Einiges zu sagen.

Das Bedürfniss solche Symbole anzuwenden ist schon längst erkannt, und fast alle Krystallographen benutzen, wenigstens für einige Symmetriearten, solche Symbole. Man benutzt z. B. nach Miller für die dodekaëdrische Hemiëdrie des tesseralen Systems das Symbol $\pi(p_0 p_1 p_2)$ und für die tetraëdrische Hemiëdrie das Symbol $\varkappa(p_0 p_1 p_2)$, oder auch nach Naumann stellt man vor das Symbol den Bruch $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{4}$, um Hemiëdrie resp. Tetartoëdrie auszudrücken, oder die Buchstaben r und l und dergl.

Von allen solchen Symbolen muss man aber sagen, dass sie einerseits nicht einer systematischen Behandlung unterworfen worden sind, andererseits aber enthalten sie nicht das Hauptsächlichste in sich; sie können nur zur Erinnerung dienen, aber nicht unmittelbar das Gesetz der Substitution anzeigen, was eigentlich von ihnen gefordert werden soll.

Die rationellen Symbole dieser Art müssen in sich das Gesetz enthalten, nach welchem die Indices sich ändern, wenn man auf Grund des Symmetriegesetzes von einer Fläche zur anderen übergeht. Im Allgemeinen besteht diese Aenderung in einer Aenderung des Vorzeichens in das entgegengesetzte oder in einer Permutation der Indices. Dabei soll dies Alles möglichst kurz angezeigt werden. Ich habe bei meinem Versuch verschiedene Schriftarten (fett, italique), verschiedene Klammern, endlich auch Apostrophe gebraucht.

Zuerst bestimme ich die für jedes System minimale Anzahl der Substitutionen, und um dies möglichst kurz auszudrücken, füge ich jedem Symbol eine entsprechende Ziffer hinzu.

Für das digonale System ist diese minimale Anzahl 1 und deshalb bleibt hier die Ziffer fort.

Für das tetragonale System ist diese minimale Anzahl 2, welche den Symbolen $(p_0 p_1 p_2)$ und $(\bar{p}_0 \bar{p}_1 p_2)$ entsprechen, und ich drücke diese Gesammtheit durch das Symbol $(p_0 p_1 p_2)_2$ aus.

Für das hexagonale System ist diese minimale Anzahl 3, welche den Symbolen $(p_0 p_1 p_2)$, $(p_1 p_2 p_0)$, $(p_2 p_0 p_1)$ entsprechen, daher diese Gesammtheit durch das Symbol $(p_0 p_1 p_2)_3$ ausgedrückt wird.

Endlich für das tesserale System ist diese minimale Anzahl 12 (entsprechend der Tetartoëdrie); ich drücke diese Gesammtheit durch das Symbol $(p_0 p_1 p_2)_4$ aus, wobei die Zahl 4 die Anwesenheit von vier oktaëdrischen dreizähligen Symmetrieaxen, welche am besten das System charakterisirt, andeuten soll.

Ausserdem benutze ich noch folgende Bezeichnungen:

1) Durch die Klammern $|p_0 p_1 p_2|$ wird die Gesammtheit von zwei Flächen $(p_0 p_1 p_2)$ und $(\bar{p}_0 \bar{p}_1 \bar{p}_2)$, also das, was unrichtig durch das Symmetriecentrum bezeichnet wird, angezeigt.

Ich habe an einem anderen Orte bewiesen, dass das Symmetriecentrum als ein besonderes Symmetrieelement nicht existirt*).

2) Wenn die Aenderung darin besteht, dass das Vorzeichen eines einzelnen Index, unabhängig von den anderen, durch das entgegengesetzte ersetzt werden kann, so schreibe ich die betreffende Ziffer fett. So soll z. B. das Symbol $(p_0 p_1 \mathbf{p_2})$ zwei Flächen bezeichnen: $(p_0 p_1 p_2)$ und $(p_0 p_1 \bar{p}_2)$.

3) Wenn die Aenderung einer Indexzahl nicht unabhängig von anderen ist, so schreibe ich die betreffenden Ziffern italique (cursiv). Dabei sollen zwei Fälle unterschieden werden:

a) beziehen sich die Indices auf zwei gleichwerthige Axen, so bedeutet italique die Permutation der beiden.

b) beziehen sich die Indices auf zwei ungleichwerthige Axen, so bedeutet italique die gleichzeitige Aenderung des Vorzeichens. So drückt z. B. im Falle des **d i g o n a l e n** Systems das Symbol $(p_0 p_1 \mathrm{p}_2)$ zwei Flächen $(\mathrm{p}_0 \mathrm{p}_1 \mathrm{p}_2)$ und $(\bar{\mathrm{p}}_0 \bar{\mathrm{p}}_1 \mathrm{p}_2)$,

im Falle des tetragonalen Systems u. a. das Symbol $(p_0 p_1 \mathrm{p}_2)_2$ zwei Flächen $(\mathrm{p}_0 \mathrm{p}_1 \mathrm{p}_2)$ und $(\mathrm{p}_1 \mathrm{p}_0 \mathrm{p}_2)$ aus.

Endlich giebt es Fälle, in welchen es nothwendig ist, gleichzeitig Permutation von zweien und Aenderung des Vorzeichens aller drei Indices auszuführen. Dies wird durch Apostroph angezeigt. Im Falle des tetragonalen Systems werden die Zeichen des einen oder zweier Indices geändert.

So drückt z. B. $(p_0' p_1' p_2')_2$ u. A. zwei Flächen $(p_0 p_1 p_2)$ und $(\bar{p}_1 p_0 p_2)$ aus; $(p_0' p_1' \mathbf{p_2})_2$ giebt u. A. die Anwesenheit von $(p_0 p_1 p_2)$ und $(p_1 \bar{p}_0 p_2)$ an; $(p_0 p_1 p_2')_2$ enthält u. A. $(p_0 p_1 p_2)$ und $(p_1 \bar{p}_0 \bar{p}_2)_2$ in sich.

Für das **h e x a g o n a l e** System ist noch eine Bezeichnung für den Fall

*) Symmetrie der endlichen Figuren. Verhandl. russ. min. Ges. 1889, **25**, 5—7.

nothwendig, dass die Aenderung des Vorzeichens aller Indices mit der Aenderung des Vorzeichens des Symbols selbst verbunden ist. Dies drücke ich durch die Klammern {} aus. So bedeutet also u. A. $\{p_0\, p_1\, p_2\}_3$ zwei Flächen $(p_0 p_1 p_2)$ und — $(\bar{p}_0 \bar{p}_1 \bar{p}_2)$.

Die Anwendung aller dieser Symbole erhellt in allen Einzelheiten aus der Tabelle am Ende des Kapitels.

D. Nomenclatur der Structurarten der Krystalle.

§ 6. Hiermit betreten wir ein Gebiet, welches nur in einem verhältnissmässig kleinen Theile von älteren Autoren bearbeitet wurde; nur wenige darin enthaltene Resultate haben sich der allgemeinen Zustimmung zu erfreuen.

Für uns entsteht jetzt zuerst die Frage, ob die neuen theoretischen Ansichten in einem Widerspruche mit den älteren stehen, oder nur ein weiteres Entwicklungsstadium derselben seien.

Ich will gleich die entschiedenste Antwort im letzten Sinne geben. Die neue, vollständigere Theorie der regelmässigen Punktsysteme ist nur eine vollständigere Lösung des bestimmt von Bravais aufgestellten Problems der »points, distribués regulièrement dans l'éspace«. Wenn wir die erste, einigermassen systematische Lösung, auf mathematischem Grunde, in den Werken Bravais' finden, so ist dasselbe Problem allgemeiner in den Werken von Sohncke und noch früher und allgemeiner in einem Werke von C. Jordan behandelt; aber selbst diese Beiden haben noch nicht die allgemeinste Definition ihren Werken zu Grunde gelegt.

Bravais hat sich nur auf die Betrachtung eines Krystalls als eines regelmässigen Punktsystems beschränkt und die Molekelsphären ganz ausser Acht gelassen, trotzdem dass diese Idee schon von Hauy, wenn auch in zu roher, materieller Form, gewürdigt wurde. Man möchte sogar sagen, dass dieser älteste Vertreter unserer Wissenschaft in seinen structurtheoretischen Ansichten nicht eigentlich die Molekeln selbst, sondern Molekelsphären in erster Linie sich vorstellte, welche er mit den Namen Molécules intégrantes belegt hatte.

Deshalb ist die von mir entwickelte Theorie der Krystallstructur nicht nur eine weitere Entwicklung derjenigen Bravais', sondern sie berücksichtigt auch seine Vorgänger und nimmt das von ihm und seinen Nachfolgern ignorirte Element der Structurtheorie — die Molekelsphäre — wieder auf, eine neue Reihe von Schlüssen auf eine streng entwickelte mathematische Theorie basirend*).

*) Ich habe mich schon einmal über die nahe Relation der von mir aufgestellten Structurtheorie mit den Ideen von Hauy, welcher sie leider nicht mathematisch entwickelte, bestimmt ausgesprochen (Ueber die Fortschritte der theoretischen Krystallographie im letzten Jahrzehnt. Verhandl. d. k. mineral. Ges. zu St. Petersburg, **25**, 370).

Indem ich jetzt zu den modernen sogen. »Theorien« der Krystallstructur übergehe, will ich zuerst auf das Wort »Theorie« etwas näher eingehen. Wir haben uns so gewöhnt, von Theorien der Krystallstructur zu reden, als ob wir wirklich die Entwickelung verschiedener schon durchlebt hätten. Ist dem aber so? Wissen wir wirklich ziemlich viel über Structuren verschiedener Mineralien oder Laboratoriums-Krystalle? Sicher nicht!

Hat Herr Schoenflies, der die »reine Structurtheorie« der Krystalle in einem so ausgedehnten Werke entwickelt hatte, wirklich die Merkmale angegeben, nach welchen eine Structurart erkannt werden kann? oder wenigstens den Weg angedeutet, welchem folgend wir diese Merkmale finden und, wenn auch langsam und allmählich, zu richtiger Erkenntniss kommen? Leider nicht.

Wie hoch ich auch seine Werke schätze, in welchen er unabhängig und ohne Kenntniss der Resultate, welche ich mühsam während mehr als einem Jahrzehnt erlangte, zu einer nahezu richtigen Ableitung sämmtlicher regelmässiger Punktsysteme und zu einer bedeutenden Entwickelung der Theorie der regulären Raumtheilung kam, so muss ich nichtsdestoweniger bekennen, dass ich seine Resultate nicht als eine Theorie anerkennen kann; ich sehe darin nur reine mathematischen Deductionen, welchen auch ich sehr viel Zeit gewidmet habe und welche auch unerlässlich der Entstehung einer Theorie vorangehen sollen*). Sonst würden wir dem Worte »Theorie« einen anderen Sinn als üblich beilegen müssen.

Es freut mich, jetzt die Zustimmung hierzu seitens des Herrn Schoenflies ausgesprochen zu sehen (diese Zeitschr. 20, 261). Auch war es mir sehr angenehm zu erfahren, dass so hervorragende Mathematiker, wie Minkowsky und Schoenflies es sind, meine vollständige Ableitung der einfachen Paralleloëder als richtig anerkannt haben. Doch kann es als bedauernswerth gelten, dass eine mathematische Lehre, auf welche schon 1881 eine neue Theorie der Krystallstructur basirt wurde, erst jetzt (1892) diesen Herren einigermassen zur Kenntniss kam, und dabei erst, nachdem dieselbe von Einem dieser Gelehrten nicht ganz richtig entwickelt worden war.

*) Ich erlaube mir diesen Fall zu benutzen, um meine hochgeehrten Collegen auf einige Stellen der neuesten Schoenflies'schen Notizen aufmerksam zu machen und die Frage aufzuwerfen, wem eigentlich die Aufstellung der 230 regelmässigen Punktsysteme zuerst zukommt.

In seiner Notiz (Zeitschr. für physikal. Chemie 9, 165) heisst es, das Werk »Krystallsysteme und Krystallstructur« betreffend: »Die Untersuchung gipfelt in dem Resultat, dass im Ganzen 230 krystallographisch verwendbare regelmässige Molekelhaufen vorhanden sind. . .« Von meinem Antheil an dieser Arbeit heisst es in dieser Notiz nur (S. 166): »Ferner will ich erwähnen, dass der russische Mineraloge Fedorow in neuester Zeit begonnen hat, auch die optischen Anomalien aus der Eigenart der bezüglichen regelmässigen Molekelhaufen abzuleiten« (es sei mir gestattet zu bemerken, dass ich mit den pseudosymmetrischen Krystallen operire; ob sie dabei optisch anomal sind, bleibt für mich von untergeordnetem Interesse).

In einer anderen Notiz heisst es noch bestimmter (Zeitschr. für physik. Chem.

Wäre es möglich, von einer Theorie des Schalles zu reden, wenn nicht die Möglichkeit vorhanden wäre, die Anzahl der für einen Ton charakteristischen Vibrationen zu ermitteln? Hätten wir auch eine Theorie des Lichtes

---

10, 524): »Herr Sohncke operirt nur mit einem Theil der *von mir* abgeleiteten Structuren«. In dieser ganzen Notiz ist mein Name vollständig unerwähnt geblieben.

In einer dritten Notiz ist diese Frage unzweideutig beantwortet. Hier (Göttingische Gelehrte Anzeigen 1891 Nr. 25, S. 1014) heisst es über Structurauffassungen: »Die eine drückt sich in der Bravais'schen Gittertheorie aus, die andere knüpft an Wiener und Sohncke an, und ist gemäss einem von F. Klein ausgesprochenen Gedanken *zuerst* vom Verfasser, *später* selbständig auch von dem russischen Mineralogen E. S. Fedorow dargestellt worden« (an einem anderen Orte »Krystallsysteme und Krystallstructur«, S. 622, sagt derselbe Verfasser: Die Nothwendigkeit, die Sohncke'sche Theorie so auszubilden, wie es durch die reine Structurtheorie im engeren Sinne geschieht, wurde wohl zuerst von E. S. Fedorow betont. Dem Verfasser dieser Schrift gegenüber wurde der bezügliche Gedanke gesprächsweise von F. Klein erörtert), und auf der folgenden Seite der vorhergehenden Notiz finden wir wieder von seinem Werke gesagt: »Die Ableitung gipfelt in dem Theorem, dass im Ganzen 230 krystallographisch verwendbare Transformationsgruppen vorhanden sind.«

Es scheint mir aus allem dem unzweideutig hervorzugehen, dass nach der Meinung des Herrn Schoenflies er der Erste war, welcher die 230 regelmässigen Punktsysteme abgeleitet hatte.

Um sich in der Sache möglichst genau zu orientiren, will ich mit Vollständigkeit alles Hierzugehörende angeben.

In den »Elementen d. Gestaltenlehre« (1883 von Seiten d. k. mineral. Ges. dem Drucke übergeben) S. 238 heisst es, dass jedes der Paralleloëder sich nach den Symmetriegesetzen in Stereoëder zerlegen lässt (und jedem System der Stereoëder entspricht ein regelmässiges Punktsystem). Wenn man dies ausführt, so erhält man alle diejenigen regelmässigen Systeme, welche später von mir als »symmorphe« bezeichnet wurden. Wie sich dies aber ausführen lässt, wurde in demselben Werke §§ 38—48 erklärt.

Anfang des Jahres 1888 in dem deutsch geschriebenen Vorwort zu der (russisch geschriebenen) Abhandlung »Grundformeln der analytischen Geometrie« sage ich ausdrücklich, dass der eigentliche Zweck der Bearbeitung dieser Grundformeln ist, die Möglichkeit zu gewähren, die Frage über die Symmetrie der unendlichen regelmässigen Systeme auch einer analytischen Untersuchung zu unterziehen.

In demselben Jahre sind in einem Artikel von Herrn Schönflies (Nachrichten d. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, S. 490) 236 verschiedene Classen von regulären Punktsystemen erwähnt (ohne Angabe der Methode der Ableitung).

Im Jahre 1889 erscheint ein kleiner Artikel (Mathem. Annalen **36**, 172), in welchem kurz diese Methode angegeben ist und als Resultat der Ableitung figuriren nun 227 regelmässige Punktsysteme (»Gruppen« genannt); leider habe ich mich nicht in allen hier angegebenen Systemen orientieren können, weil sie nicht vollständig individuell charakterisirt sind.

Am Ende desselben Jahres habe ich der k. Mineralog. Gesellschaft ein neues grösseres Werk vorgelegt (Sym. d. regelmäs. Syst. d. Fig.), in welchem ich meine unabhängige Ableitung ausgeführt habe; als Zahl derselben war 228 angegeben (Verhandl. d. k. Mineral Ges. **26**, 454). Das Werk war von Seiten der Gesellschaft dem Drucke übergeben worden. Während des Druckes (im Jahre 1890) habe ich noch einmal eine vollständige Durchsicht ausgeführt und als Endresultat die Zahl 230 gefunden und angegeben. Die-

gehabt, wenn wir nicht die Mittel ableiten könnten, die Wellenlänge zu bestimmen? Wäre eine Theorie der Gravitation vorhanden, wenn wir nicht die Masse eines Himmelkörpers bestimmen könnten? Dasselbe gilt überhaupt für alle physikalischen Theorien, zu welchen selbstverständlich auch die Theorie der Krystallstructur gehören muss.

Wie schwach vielleicht auch mein Versuch, die Structur einiger bestefforschter Mineralien zu ermitteln, so ist es doch der erste. Bis jetzt sind nur in meinen Schriften die Merkmale angegeben, nach welchen wir die Structur eines Krystalles sicher erkennen können. Die von mir angegebenen Merkmale sind: 1) die Kenntniss sämmtlicher Wachsthumsrichtungen, 2) die vollständige Kenntniss der inneren Symmetrie und 3) die Kenntniss der polymorphen Variationen einer und derselben Substanz unter verschiedenen Umständen. Ist dies Alles vollständig bekannt, so lässt sich die Structur sicher angeben; sonst ist die Angabe noch mit Unsicherheiten behaftet, und leider ist bis jetzt keine einzige Substanz bekannt, bei welcher alle diese Forderungen vollständig erfüllt sind.

Die Wichtigkeit der Spaltungsverhältnisse wurde ebenfalls von mir besprochen; leider aber gehört die Kenntniss dieser nicht zu den entscheidenden Merkmalen.

Dabei verwechsle ich keineswegs die Begriffe der Krystallstructur und des regelmässigen Punktsystems. Einerseits entspricht einem und demselben regelmässigen Punktsysteme im Allgemeinen mehr als eine Structurart; andererseits aber können sehr vielen, von mir als asymmorphe bezeichneten Systemen keine Structurarten entsprechen, und zwar aus dem Grunde, weil, wie dies streng mathematisch sich auseinandersetzen lässt, (und in der Sym. d. regelm. Syst. der Figuren wirklich geschah) zu einem asymmorphen System kein bestimmtes Paralleloëder (und dasselbe zusammensetzende Stereoëder) gehört, also auch keine bestimmten Molekelsphären. Selbstverständlich muss es aber in der Natur bestimmte geben*).

Auch die vollständige mathematische Ableitung sämmtlicher möglicher

selben 230 Systeme sind in Schoenflies' Werke »Krystallsysteme und Krystallstructur« angegeben worden, welches in der letzten Hälfte des Jahres 1891 erschien.

Ich will jetzt keine Meinung über diese Prioritätsfrage äussern. Es bleibt dies meinen hochgeehrten Collegen vorbehalten. Aber es wäre Sache der Gerechtigkeit, wenn die Zeitschriften, welche den Auseinandersetzungen des Herrn Schoenflies Platz gegeben haben, auch diese meine Angaben nicht unbeachtet bleiben lassen würden.

*) Um so unbegreiflicher bleiben für mich die Worte Schoenflies': »Aus diesem Resultate ist nun zu folgern, dass die Differenz zwischen den Ansichten Fedorow's und denjenigen der anderen Autoren in letzter Linie auf eine Abweichung in der Bezeichnung hinausläuft« (diese Zeitschrift **20**, 262). Ich bezweifle sehr, dass irgend ein anderer Autor sogar das Elementarste meiner Theorie, was so eng mit der mathematischen Lehre von den Paralleloëdern verknüpft ist, früher veröffentlicht hat. Von der ausgedehnten Entwickelung dieser Theorie, welche schon Anfangs der 80er Jahre von mir gebracht wurde,

Structurarten war in der »Symmetrie der regelm. Syst. d. Figuren« ausgeführt.

Wenn wir Alles dies zusammenfassen, so können wir schliessen, dass in der Reihe der nacheinanderfolgenden Ansichten über die Structur der Krystalle wir keinen Widerspruch, kein Ausschliessen der einen durch eine andere bemerken, sondern (ausser einigen abweichenden Ansichten, welche eigentlich dieser Reihe nicht angehören) eine fortwährende Entwickelung einer und derselben Idee treffen. Bis jetzt aber war die Sache nur auf die Bearbeitung der mathematischen Grundprincipien dieser Idee beschränkt, und als letztes Wort gilt die Ableitung der 230 regelmässigen Punktsysteme.

Indem ich also die diesen vorbereitenden mathematischen Ableitungen angehörenden Theorien systematisch zusammenfasse, werde ich weiter die wichtigsten Begriffe der neuen Theorie angeben.

Die Punktsysteme, welche von Bravais abgeleitet wurden, erhielten die Benennung Raumgitter. Diejenigen 65 Punktsysteme, welche von C. Jordan, L. Sohncke und A. Schoenflies abgeleitet wurden und keinen besonderen allgemeinen Namen erhielten, wurden von mir als die einfachen bezeichnet. Endlich diejenigen 165 Systeme, welche die Ableitung der regelmässigen Punktsysteme aus der allgemeinen Definition vervollständigen, wurden als doppelte bezeichnet*). Jedes solche System besteht eigentlich aus zwei analogen**) einfachen Systemen, welche sämmtliche Symmetrie-Elemente gemein haben und also ein einziges regelmässiges System bilden.

Ueberhaupt lassen sich Symmetrie-Elemente der regelmässigen Systeme in folgender Tabelle gruppiren:

---

sehe ich schon ab. Mir bleibt es sogar unbekannt, ob Jemand früher, als von mir gethan wurde, selbst den Grundbegriff meiner Theorie, den des Paralleloëders, aufgestellt und anders bezeichnet hätte.

*) Jedem Punktsystem entspricht ein System von Stereoëdern und jedem Raumgitter entspricht ein System von Paralleloëdern. Einem System der sogenannten »zusammengesetzten« Paralleloëder (welche sich als aus einer Anzahl einfacher zusammengesetzt betrachten lassen) entspricht aber ein besonderes Raumgitter »Raumgitter im erweiterten Sinne«. Ich habe schon einmal darauf aufmerksam gemacht (diese Zeitschrift **20**, 44), dass dieser Begriff, wie auch manche andere geometrische Begriffe der neuen Theorie der Krystallstructur nicht nur älteren Autoren, sondern auch Herrn Schoenflies (in seinem neuen Buche) unbekannt geblieben sind. Wenn Herr Schoenflies dagegen Einwendungen macht, so beweisen gerade diese am besten die Richtigkeit dieser Meinungen, weil er die Beispiele citirt, welche nicht hierher gehören. Die besten hierher gehörenden Beispiele sind verschiedene hemisymmorphe Systeme.

**) Unter einem Paar analoger Systeme verstehe ich ein solches, von welchen das eine als Spiegelbild des anderen bestimmt werden kann, welche aber beliebige (überhaupt nicht symmetrische) Lage haben.

Symmetrie der regelmässigen Systeme der Figuren.

- Gerade Symmetrie
  - Ebenen der geraden Symmetrie
    - Symmetrie-ebenen
    - Ebenen der gleitenden Symmetrie (Gleitflächen)
  - Zusammengesetzte Symmetrie Axen und Ebenen d. zusammengestzten Symmetrie
- Decksymmetrie Deckaxen
  - Symmetrie-axen
  - Schraubenaxen

Was die Nomenclatur der regelmässigen Systeme selbst betrifft, so sind diese bekanntlich sämmtlich durch algebraische Gleichungen auszudrücken, also besitzen wir die vollkommenste Ausdrucksweise bereits. Ist es aber nöthig, ein System kurz anzugeben, so lässt sich dies mit Hülfe seiner Nummer oder auch mit Hülfe eines Symbols thun*).

Das bis jetzt Gesagte bezieht sich auf regelmässige Systeme und nicht auf die Theorie der Structur selbst. Jetzt wollen wir uns der letzteren zuwenden.

Die neue Theorie sieht nicht nur die Krystallmolekel sondern auch die blosse chemische Molekel als eine sehr complicirte Bildung an; für sie ist es keineswegs gleichgültig, ob wir uns die körperliche Substanz als ein Continuum oder atomistisch vorstellen. Die letztere Vorstellungsweise ist die einzige annehmbare, und nur sie gewährt uns die Möglichkeit, verschiedene physikalische Schlüsse zu ziehen, wie es z. B. mit den Wachsthumsrichtungen, Spaltungsflächen u. a. der Fall ist.

Sie ignorirt nicht, dass die chemische Molekel nicht nur aus dem gewöhnlichen Stoff, sondern auch aus dem umliegenden Aether besteht, dessen Elemente in dem Raume überall zerstreut sind, und welcher wesentlichen Antheil an vielen physikalischen Erscheinungen nimmt. Die Vertheilung der Aetheratome soll so eng mit der der gewöhnlichen Atome verbunden sein, dass es zu künstlich wäre, die gewöhnlichen von denen des Aethers abgesondert zu betrachten. Zusammengenommen füllen sie den Raum lückenlos.

Die Krystallmolekeln im engsten Sinn müssen aber den Raum in paralleler Lage erfüllen, sonst würde die Grundeigenschaft eines jeden Krystalls — die Gleichheit in parallelen Richtungen — ihren inneren Sinn verlieren. Deshalb muss der einer Krystallmolekel angehörende Raumtheil ein Paralleloëder sein.

Die ihr untergeordnete (chemische?) Molekel besitzt alle Symmetrie in

*) Solche Symbole sind bis jetzt nur von Herrn Schoenflies aufgestellt worden. Sie bestehen aus einem Symbol der entsprechenden Symmetrieart und einer Nummer, welche allerdings ganz zufällig ist und der Ordnung entspricht, welche von diesem Gelehrten für die systematische Ableitung gewählt wurde.

sich, und dann ist der ihr angehörende Raumtheil ein einfaches Paralleloëder, und das System ist das symmorphe.

Oder sie ist aus zweierlei Bestandtheilen zusammengesetzt, von welchen die einen symmetrisch in Bezug auf die anderen sind*). In diesem Falle erfüllt die untergeordnete Molekel den Raum eines Paralleloëders und das zusammengesetzte Molekel das zusammengesetzte Paralleloëder; das System heisst dann ein hemisymmorphes.

Von einseitigem Standpunkte sind auch asymmorphe Systeme möglich; hier haben wir nämlich die untergeordneten Molekeln verschiedenartig (wenn auch streng gesetzmässig) orientirt. Ziehen wir aber auch Molekelsphären in Betracht, so finden wir sofort, wie oben angegeben wurde, die Unmöglichkeit derselben.

Ich muss dazu noch bemerken, dass mir sehr unnatürlich und unwahrscheinlich die gesetzmässigen Drehungen vorkommen, welche bei der Voraussetzung der asymmorphen Systeme vorhanden sein sollen und von verschiedenen Autoren zu Hülfe genommen werden. Die allgemeine Erfahrung zeigt uns gerade das Entgegengesetzte: die Tendenz der Krystallmolekeln sich in paralleler Lage aneinanderzureihen**).

Anders steht die Sache mit den pseudosymmetrischen Krystallen, welche gerade aus einem einheitlichen Krystall vermittelst einer tiefgreifenden (polymorphen) Umwandlung entstehen. Die hierauf bezüglichen Erscheinungen sind ausführlich genug in einem meiner Artikel, auch in einem Artikel meines verehrten Fachgenossen, Herrn A. Karnojitzky***) enthalten.

Zum Schluss will ich noch ein paar Worte sagen über die wesentlich-

---

*) Sohncke hält die Anwesenheit der symmetrischen Molekeln für sehr unwahrscheinlich. Doch muss diese als eine unwiderlegbare Thatsache gelten. Ausserdem müssen wir nicht ausser Acht lassen, dass in einem Krystall ebenso wie überhaupt in jedem Körper, wenn wir nur unsere Aufmerksamkeit auf die innerhalb einer Molekelsphäre statthabenden Erscheinungen wenden, wir ein dynamisches System, einen stetigen Wechsel verschiedenartigster Bewegungen vor uns haben, und ich finde nichts Unwahrscheinliches in der Hypothese, dass auch ein innerer Zustand sich fortwährend in einen ihm symmetrischen verwandelt, welcher für manche Systeme gleich, für andere weniger oder gar nicht stabil ist. Vom geometrischen Standpunkte muss ein solches dynamisches System zu den hemisymmorphen gezählt werden (und gerade die wenigen von mir constatirten Structurarten sind hemisymmorph).

**) Also ich halte gerade das für ganz unwahrscheinlich, was seitens ziemlich zahlreicher Autoren, welche Sohncke folgen, zur Erklärung des Drehungsvermögens, von Manchen sogar zur Erklärung des Polymorphismus, angenommen wurde. Es war mir sehr angenehm zu erfahren, dass ein so ausgezeichneter Kenner der optischen Anomalien, wie Herr Brauns ist, denselben Standpunkt eingenommen hat (Die optischen Anomalien, S. 360).

***) Diese Zeitschr. 19, 571. Mein bezüglicher Artikel ist »Der erste Versuch die Molekularanordnung einiger Mineralien zu ermitteln«. Berg-Journal, St. Petersb. 1890, Nr. 1, 115. S. auch Karnojitzky, ebenda 1892, Nr. 10, 98.

sten Charakteristiken einer Krystallstructur, und zwar über Unterscheidung und Benennung der Structurarten nach den Paralleloëdern.

Wie es deren vier verschiedene Typen giebt, so lassen sich auch die entsprechenden Typen der Structur unterscheiden, und ich will daher die durch

das Heptaparalleloëder	charakterisirte Structur	oktaëdrische nennen,
- Hexaparalleloëder	- -	dodekaëdrische -
- Tetraparalleloëder	- -	prismatische -
- Triparalleloëder	- -	hexaëdrische -

Die von mir eingehend untersuchten Structurarten des Leucits, Boracits und Perowskits sind sämmtlich oktaëdrisch hemisymmorph.

Tabelle
der einfachen Figuren (nach Symmetriearten angeordnet).

I. Digonales System *).

A. Triklines Untersystem.

1. Hemiëdrie (hemipinakoidale Symm.).

Neue Termini:	Symbol:	Alte Termini:
Erstes Hemipinakoid	(100)	fehlt
zweites -	(010)	-
drittes -	(001)	-
Hemipinakoid erster Art	$(0p_1p_2)$	-
- zweiter Art	$(p_0 0 p_2)$	-
- dritter Art	$(p_0p_1 0)$	-
- vierter Art	$(p_0p_1p_2)$	-

2. Holoëdrie (pinakoidale Symm.).

Erstes Pinakoid	$\|100\|$	Makropinakoid
zweites -	$\|010\|$	Brachypinakoid
drittes -	$\|001\|$	Basopinakoid
Pinakoid erster Art	$\|0p_1p_2\|$	Hemibrachydoma
- zweiter Art	$\|p_0 0 p_2\|$	Hemimakrodoma
- dritter Art	$\|p_0p_1 0\|$	Hemiprisma
- vierter Art	$\|p_0p_1p_2\|$	Tetartopyramide

*) Die jede Symmetrieart charakterisirende Gesammtheit der Symmetrie-Elemente ist nach der von Gadolin adoptirten graphischen Bezeichnungsweise (in der grammastereographischen Projection) auf der Tafel XI übersichtlich dargestellt. Die Bezeichnung ist aber vollständig, d. h. auch die zusammengesetzte Symmetrie ist nicht unberücksichtigt geblieben (wie dies bei Gadolin der Fall war). Die Nummern entsprechen denen der Tabelle.

B. Monoklines Untersystem.

3. Hemimorphie (hemiprismatisch axial).

Neue Termini:	Symbol:	Alte Termini:
Erstes Pinakoid	(*100*)	fehlt
zweites Hemipinakoid	(*010*)	-
drittes Pinakoid	(*001*)	-
Hemiprisma erster Art	($0p_1p_2$)	-
Pinakoid zweiter Art	($p_0 0 p_2$)	-
Hemiprisma dritter Art	($p_0p_1 0$)	-
- vierter Art	($p_0p_1p_2$)	-

4. Hemiëdrie (hemiprismatisch axenlos).

Erstes Hemipinakoid	(**100**)	fehlt
zweites Pinakoid	(**010**)	-
drittes Hemipinakoid	(**001**)	-
Hemiprisma erster Art	($\mathbf{0p_1p_2}$)	-
Hemipinakoid 2. Art	($\mathbf{p_0 0 p_2}$)	-
Hemiprisma 3. Art	($\mathbf{p_0p_1 0}$)	-
- 4. Art	($\mathbf{p_0p_1p_2}$)	-

5. Holoëdrie (rhomboprismatisch).

Erstes Pinakoid	(*100*)	Orthopinakoid
zweites -	(*010*)	Klinopinakoid
drittes -	(*001*)	Basopinakoid
Prisma erster Art	($0\mathbf{p}_1p_2$)	Klinodoma
Pinakoid zweiter Art	($p_0\mathbf{0}p_2$)	Hemiorthodoma
Prisma dritter Art	($p_0\mathbf{p}_1 0$)	Prisma
- vierter Art	($p_0\mathbf{p}_1p_2$)	Hemipyramide

C. Rhombisches Untersystem.

6. Hemiëdrie (sphenoëdrisch).

Erstes Pinakoid	(*100*)	Makropinakoid
zweites Pinakoid	(*010*)	Brachypinakoid
drittes Pinakoid	(*001*)	Basopinakoid
Prisma erster Art	($0p_1p_2$)	Brachydoma
- zweiter Art	($p_0 0 p_2$)	Makrodoma
- dritter Art	($p_0p_1 0$)	Prisma
Rhomb. Sphenoëder	($p_0p_1p_2$)	Rhombisches Sphenoid.

7. Hemimorphie (rhombopyramidal).

Erstes Pinakoid	(**100**)	Makropinakoid
zweites -	(**010**)	Brachypinakoid
drittes -	(**001**)	fehlt

Neue Termini:	Symbol:	Alte Termini:
Hemiprisma erster Art	$(0p_1p_2)$	fehlt
- zweiter Art	$(p_0 0 p_2)$	-
Prisma dritter Art	$(p_0p_1 0)$	Prisma
Rhombische Pyramide	$(p_0p_1p_2)$	fehlt

8. Holoëdrie (rhombobipyramidal).

Erstes Pinakoid	(100)	Makropinakoid
zweites -	(010)	Brachypinakoid
drittes -	(001)	Basopinakoid
Prisma erster Art	$(0p_1p_2)$	Brachydoma
- zweiter Art	$(p_0 0 p_2)$	Makrodoma
- dritter Art	$(p_0p_1 0)$	Prisma
Rhombische Bipyramide	$(p_0p_1p_2)$	Rhombische Pyramide

II. Tetragonales System.

9. Pyramidale Hemimorphie (tetragonal-pyramidal).

Hemipinakoid	$(0'0'1)_2$	fehlt
Tetragon. Prisma zweiter Art	$(1'0'0)_2 = (0'1'0)_2$	Tetrag. Prisma zweiter Art
- - erster Art	$(1'1'0)_2$	- - erster Art
- - dritter Art	$(p_0'p_1'0)_2$	- - dritter Art
- Pyramide zweiter Art	$(0'p_1'p_2)_2 = (p_0'0'p_2)_2$	fehlt
- - erster Art	$(p_0'p_0'p_2)_2$	-
- - dritter Art	$(p_0'p_1'p_2)_2$	-

10. Hemimorphie (ditetragonal-pyramidal).

Hemipinakoid	$(\mathit{001})_2$	fehlt
Tetragon. Prisma zweiter Art	$(\mathit{100})_2 = (\mathit{010})_2$	Tetragon. Prisma zweiter Art
- - erster Art	$(\mathit{110})_2$	- - erster Art
Ditetragonales Prisma	$(\mathit{p_0p_1}0)_2$	Ditetragon. Prisma
Tetragon. Pyramide 2. Art	$(\mathit{0p_1}p_2)_2 = (\mathit{p_0 0}p_2)_2$	fehlt
- - 1. Art	$(\mathit{p_0p_0}p_2)_2$	-
Ditetragon. Pyramide	$(\mathit{p_0p_1}p_2)_2$	-

11. Tetartoëdrie (tetragonal-sphenoëdrisch).

Pinakoid	$(001')_2$	Derselbe
Tetragon. Prisma zweiter Art	$(100')_2 = (010')_2$	-
- - erster Art	$(110')_2$	-
- - dritter Art	$(p_0p_1 0')_2$	-
Tetrag. Sphenoëd. zweiter Art	$(0p_1p_2')_2 = (p_0 0 p_2')_2$	Tetrag. Sphen. zweiter Art
- - erster Art	$(p_0p_0p_2')_2$	- - erster Art
- - dritter Art	$(p_0p_1p_2')_2$	- - dritter Art

12. Bipyramidale Hemiëdrie (tetragonal-bipyramidal).

Neue Termini:	Symbol:	Alte Termini:
Pinakoid	$(0'0'\mathbf{1})_2$	Derselbe
Tetragon. Prisma zweiter Art	$(1'0'\mathbf{0})_2 = (0'1'\mathbf{0})_2$	-
- - erster Art	$(1'1'\mathbf{0})_2$	-
- - dritter Art	$(p_0'p_1'\mathbf{0})_2$	-
- Bipyramide zweiter Art	$(0'p_1'\mathbf{p}_2)_2 = (p_0'0'\mathbf{p}_2)_2$	-
- - erster Art	$(p_0'p_0'\mathbf{p}_2)_2$	-
- - dritter Art	$(p_0'p_1'\mathbf{p}_2)_2$	-

13. Trapezoëdrische Hemiëdrie (tetragonal-trapezoëdrisch).

Neue Termini	Symbol	Alte Termini
Pinakoid	$(0'0'\mathit{1})_2$	Derselbe
Tetragon. Prisma zweiter Art	$(1'0'\mathit{0})_2 = (0'1'\mathit{0})_2$	-
- - erster Art	$(1'1'\mathit{0})_2$	-
Ditetragon. -	$(p_0'p_1'\mathit{0})_2$	-
Tetragon. Bipyramide zweiter Art	$(0'p_1'\mathit{p}_2)_2 = (p_0'0'\mathit{p}_2)_2$	-
- - erster Art	$(p_0'p_0'\mathit{p}_2)_2$	-
- Trapezoëder	$(p_0'p_1'\mathit{p}_2)_2$	-

14. Skalenoëdrische Hemiëdrie (tetragonal-skalenoëdrisch).

Neue Termini	Symbol	Alte Termini
Pinakoid	$(\mathit{001})_2$	Derselbe
Tetragon. Prisma zweiter Art	$(\mathit{100})_2 = (\mathit{010})_2$	-
Ditetragon. -	$(\mathit{p_0 p_1 0})_2$	-
Tetragon. Bipyramide	$(\mathit{0 p_1 p_2})_2 = (\mathit{p_0 0 p_2})_2$	-
- Sphenoëder	$(\mathit{p_0 p_0 p_2})_2$	-
- Skalenoëder	$(\mathit{p_0 p_1 p_2})_2$	-

15. Holoëdrie (ditetragonal-bipyramidal).

Neue Termini	Symbol	Alte Termini
Pinakoid	$(\boldsymbol{001})_2$	Derselbe
Tetragon. Prisma zweiter Art	$(\boldsymbol{100})_2 = (\boldsymbol{010})_2$	-
Ditetragon. -	$(\boldsymbol{p_0 p_1} 0)_2$	-
Tetragon. Bipyramide	$(\boldsymbol{0 p_1} p_2)_2 = (\boldsymbol{p_0 0} p_2)_2$	-
Ditetragon. -	$(\boldsymbol{p_0 p_1} p_2)_2$	-

III. Hexagonales System.

16. Pyramidale Tetartomorphie (trigonal-pyramidal).

Neue Termini	Symbol	Alte Termini
Hemipinakoid	$(111)_3$	fehlt
Trigonales Prisma erster Art	$(2\bar{1}\bar{1})_3$	derselbe
- - zweiter Art	$(1\bar{1}0)_3$	-
- - dritter Art	$(p_1+p_2\,\bar{p}_1\,\bar{p}_2)_3$	-
Trigonale Pyramide erster Art	$(p_0\,p_1\,p_1)_3$	fehlt
- - zweiter Art	$(p_0\;2p_0-p_2\;p_2)_3$	-
- - dritter Art	$(p_0\,p_1\,p_2)_3$	-

17. Tetartomorphie (ditrigonal-pyramidal).

Neue Termini:	Symbol:	Alte Termini:
Hemipinakoid	$(111)_3$	fehlt
Trigonales Prisma	$(2\bar{1}\bar{1})_3$	derselbe
Hexagonales -	$(1\bar{1}0)_3$	-
Ditrigonales -	$(p_1+p_2\bar{p}_1\bar{p}_2)_3$	-
Trigonale Pyramide	$(p_0 p_1 p_1)_3$	fehlt
Hexagonale -	$(p_0 2p_0 - p_2 p_2)_3$	-
Ditrigonale -	$(p_0 p_1 p_2)_3$	-
18. Bipyramidale Tetartoëdrie (trigonal-bipyramidal).		
Pinakoid	$\{111\}_3$	derselbe
Trigonales Prisma 1. Art	$\{2\bar{1}\bar{1}\}_3$	-
- - 2. Art	$\{1\bar{1}0\}_3$	-
- - 3. Art	$\{p_1+p_2\bar{p}_1\bar{p}_2\}_3$	-
Trigon. Bipyramide 1. Art	$\{p_0 p_1 p_1\}_3$	Trigon. Pyram. erster Art
- - 2. Art	$\{p_0 2p_0 - p_2 p_2\}_3$	- - zweiter Art
- - 3. Art	$\{p_0 p_1 p_2\}_3$	- - dritter Art
19. Trapezoëdrische Tetartoëdrie (trigonal-trapezoëdrisch).		
Pinakoid	$(1'1'1')_3$	derselbe
Hexagonales Prisma	$(2'\bar{1}'\bar{1}')_3$	-
Trigonales -	$(1'\bar{1}'0')_3$	-
Ditrigonales -	$(p_1'+p_2'\bar{p}_1'\bar{p}_2')_3$	-
Rhomboëder	$(p_0'p_1'p_1')_3$	-
Trigonale Bipyramide	$(p_0'2p_0'-p_2'p_2')_3$	-
Trigonales Trapezoëder	$(p_0'p_1'p_2')_3$	-
20. Hemiëdrie (ditrigonal-bipyramidal).		
Pinakoid	$\{111\}_3$	derselbe
Trigonales Prisma 1. Art	$\{2\bar{1}\bar{1}\}_3$	-
- - 2. Art	$\{1\bar{1}0\}_3$	-
Ditrigonales -	$\{p_1+p_2\bar{p}_1\bar{p}_2\}_3$	-
Trigonale Bipyramide 1. Art	$\{p_0 p_1 p_1\}_3$	-
- - 2. Art	$\{p_0 2p_0 - p_2 p_2\}_3$	-
Ditrigonale Bipyramide 2. Art	$\{p_0 p_1 p_2\}_3$	-
21. Pyramidale Hemimorphie (hexagonal-pyramidal).		
Hemipinakoid	$\pm(111)_3$	fehlt
Hexagonales Prisma 1. Art	$\pm(2\bar{1}\bar{1})_3$	derselbe
- - 2. Art	$\pm(1\bar{1}0)_3$	-
- - 3. Art	$\pm(p_1+p_2\bar{p}_1\bar{p}_2)_3$	-
Hexagonale Pyramide 1. Art	$\pm(p_0 p_1 p_1)_3$	fehlt
- - 2. Art	$\pm(p_0 2p_0 - p_2 p_2)_3$	-
- - 3. Art	$\pm(p_0 p_1 p_2)_3$	-

22. Hemimorphie (dihexagonal-pyramidal).

Neue Termini:	Symbol:	Alte Termini:
Hemipinakoid	$\pm(111)_3$	fehlt
Hexagonales Prisma 1. Art	$\pm(2\bar{1}\bar{1})_3$	derselbe
- - 2. Art	$\pm(1\bar{1}0)_3$	-
Dihexagonales -	$\pm(p_1+p_2\bar{p}_1\bar{p}_2)_3$	-
Hexagonale Pyramide 1. Art	$\pm(p_0 p_1 p_1)_3$	fehlt
- - 2. Art	$\pm(p_0 2p_0 - p_2 p_2)_3$	-
Dihexagonale Pyramide	$\pm(p_0 p_1 p_2)_3$	-

23. Rhomboëdrische Tetartoëdrie (rhomboëdrisch).

Neue Termini	Symbol	Alte Termini
Pinakoid	$\vert 111 \vert_3$	derselbe
Hexagonales Prisma 1. Art	$\vert 2\bar{1}\bar{1} \vert_3$	-
- - 2. Art	$\vert 1\bar{1}0 \vert_3$	-
- - 3. Art	$\vert p_1+p_2\bar{p}_1\bar{p}_2 \vert_3$	-
Rhomboëder erster Art	$\vert p_0 p_1 p_1 \vert_3$	-
- zweiter Art	$\vert p_0 2p_0 - p_2 p_2 \vert_3$	-
- dritter Art	$\vert p_0 p_1 p_2 \vert_3$	-

24. Bipyramidale Hemiëdrie (hexagonal-bipyramidal).

Neue Termini	Symbol	Alte Termini
Pinakoid	$\pm\vert 111 \vert_3$	derselbe
Hexagonales Prisma 1. Art	$\pm\vert 2\bar{1}\bar{1} \vert_3$	-
- - 2. Art	$\pm\vert 1\bar{1}0 \vert_3$	-
- - 3. Art	$\pm\vert p_1+p_2\bar{p}_1\bar{p}_2 \vert_3$	-
Hexagon. Bipyramide 1. Art	$\pm\vert p_0 p_1 p_1 \vert_3$	Hexagon. Pyram. erster Art
- - 2. Art	$\pm\vert p_0 2p_0 - p_2 p_2 \vert_3$	- - zweiter Art
- - 3. Art	$\pm\vert p_0 p_1 p_2 \vert_3$	- - dritter Art

25. Trapezoëdrische Hemiëdrie (hexagonal-trapezoëdrisch).

Neue Termini	Symbol	Alte Termini
Pinakoid	$\pm(1'1'1')_3$	derselbe
Hexagonales Prisma 1. Art	$\pm(2'\bar{1}'\bar{1}')_3$	-
- - 2. Art	$\pm(1'\bar{1}'0')_3$	-
Dihexagonales Prisma	$\pm(p_1'+p_2'\bar{p}_1'\bar{p}_2')_3$	-
Hexag. Bipyram. 1. Art	$\pm(p_0' p_1' p_1')_3$	Hexagon. Pyram. erster Art
- - 2. Art	$\pm(p_0' 2p_0' - p_2' p_2')_3$	- - zweiter Art
Hexagonales Trapezoëder	$\pm(p_0' p_1' p_2')_3$	derselbe

26. Skalenoëdrische Hemiëdrie (hexagonal-skalenoëdrisch).

Neue Termini	Symbol	Alte Termini
Pinakoid	$\vert 111 \vert_3$	derselbe
Hexagonales Prisma 1. Art	$\vert 2\bar{1}\bar{1} \vert_3$	-
- - 2. Art	$\vert 1\bar{1}0 \vert_3$	-
Dihexagonales -	$\vert p_1+p_2\bar{p}_1\bar{p}_2 \vert_3$	-
Rhomboëder	$\vert p_0 p_1 p_1 \vert_3$	-
Hexagonale Bipyramide	$\vert p_0 2p_0 - p_2 p_2 \vert_3$	Hexagonale Pyramide
Skalenoëder	$\vert p_0 p_1 p_2 \vert_3$	derselbe

27. Holoëdrie (dihexagonal-bipyramidal).

Neue Termini:	Symbole:	Alte Termini:
Pinakoid	$\pm\lvert 111 \rvert_3$	derselbe
Hexagonales Prisma erster Art	$\pm\lvert 2\bar{1}\bar{1} \rvert_3$	-
- - zweiter Art	$\pm\lvert 1\bar{1}0 \rvert_3$	-
Dihexagonales Prisma	$\pm\lvert p_1+p_2\bar{p}_1\bar{p}_2 \rvert_3$	-
Hexag. Bipyram. erster Art	$\pm\lvert p_0p_1p_1 \rvert_3$	Hexag. Pyram. 1. Art
- - zweiter Art	$\pm\lvert p_0\,2p_0-p_2p_2 \rvert_3$	- - 2. Art
Dihexagonale Bipyramide	$\pm\lvert p_0p_1p_2 \rvert_3$	Dihexagonale Pyramide.

II. Grundzüge der neuen Methode der krystallographischen Untersuchung.

§ 7. Die zur Krystallmessung dienenden Reflexionsgoniometer besitzen eine einzige Axe. Die Bestimmung der Grösse des Drehungswinkels um diese Axe eines Krystalls ist der eigentliche Zweck dieser Apparate. Zu diesem Zweck dient ein zur Axe senkrechter Theilkreis, und je nachdem man diesen Theilkreis vertical oder horizontal stellt, unterscheidet man verschiedene Typen dieser Apparate.

Solche Construction wäre sehr zweckmässig, wenn die zum Messen bestimmten Krystallflächen einer und derselben Zone angehörten d. h. einer und derselben Geraden — Zonenaxe — parallel wären. In diesem Falle hätten wir den Krystall so orientirt auf den Träger zu bringen, dass die zu messende Winkelkante mit der Axe des Goniometers zur Deckung käme (oder wenigstens ihr parallel wäre).

Im Allgemeinen lässt sich diese Operation als aus zwei zusammengesetzt vorstellen: die erste — die zur Axe des Apparates parallele Einstellung der Krystallkante — pflegt man Justirung, die andere — die Operation der Deckung der beiden Geraden — die Centrirung zu nennen.

Die Anwendung des Fernrohrs und die Anbringung des Signals in dem Brennpunkte desselben macht die Centrirung überflüssig, weil es dabei auf die absolute Lage der Reflexionsfläche nicht ankommt, sondern ausschliesslich auf deren Orientirung.

Diese Einrichtung eines Goniometers mit zwei Fernröhren, wenn dabei noch die Axe horizontale Lage hat, ist für das Mitscherlich'sche Goniometer charakteristisch. Bekanntlich haben aber in der letzten Zeit die Goniometer mit verticaler Axe an Verbreitung gewonnen.

In dem vorausgesetzten Falle wären auch die Rechnungen einfach und rational. Wir hätten nur das Miller'sche System der zonalen Rechnungen zu benutzen, welches auch in neuerer Zeit mehrfach studirt worden ist*).

*) Miller, Lehrbuch der Krystallographie, 1856 (übersetzt von Grailich), SS. 12 u. a. — V. von Lang, Lehrbuch der Krystallographie 1866. SS. 42 u. a. — Liebisch,

Liegen aber nun die Flächen eines Krystalls immer in derselben Zone? — Wir wissen sehr gut, dass dies im Allgemeinen nicht der Fall ist, sondern, wenn ein solcher Krystall uns vorkommt, wir das zur Charakteristik desselben absolut Nothwendige nicht hätten. Es ist dazu nämlich die Kenntniss der Elemente des Krystalls nothwendig, und diese Elemente sind nur bekannt, wenn die räumliche Lage von vier Krystallflächen bestimmt ist, von welchen keine drei einer Zone angehören.

Die räumliche Lage der Krystallflächen charakterisirt man durch die der Pole, d. h. der Berührungspunkte der diesen Flächen parallelen Flächen mit einer Sphäre. Die Lage der Pole ist aber der Lage der Sterne an der Himmelssphäre oder der geographischen Punkte auf der Erdkugel analog. Diese Lage wird in allen Fällen durch trigonometrische Coordinaten bestimmt. In der Astronomie sind diese Coordinaten: 1) Rectascension oder astronomische Länge und 2) Declination oder astronomische Breite. Auf der Erdkugel werden die Punkte durch geographische Coordinaten und zwar 1) durch geographische Länge und 2) Breite bestimmt.

Dementsprechend können wir analog auch von krystallographischen Coordinaten, von der krystallographischen Länge und Breite sprechen, durch welche ein Flächenpol auf der Sphäre vollständig bestimmt wird.

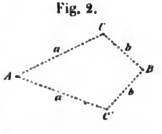
In allen Fällen ist die Länge ein Flächenwinkel und die Breite ein grösster Kreisbogen auf der Sphäre, und stets bestimmen auch diese zwei Coordinaten die Lage eines Poles eindeutig. Ich brauche hier kein besonderes Beispiel eines durch zwei Zahlen bestimmten geographischen Punktes anzugeben, weil dies allgemein bekannt ist.

Nun werfen wir noch einmal einen Rückblick auf die bis jetzt übliche Art der Bestimmung der räumlichen Lage der Krystallflächen, und stellen die Frage auf, ob auch hier die Bestimmung eindeutig ist?

Wir bestimmen gewöhnlich einen Pol durch dessen sphärische Abstände von zwei bekannten Polen.

Seien A und B (Fig. 2) diese Pole und der neue Pol C soll dadurch bestimmt werden, dass seine Abstände von den Polen A und B die ebenen Winkel a und b seien, so wird aus der beigegebenen Figur unmittelbar ersichtlich, dass durch diese Grössen zwei verschiedene Pole C und C' bestimmt werden.

Fig. 2.



Es erhellt daraus, dass die bis jetzt in der Krystallographie üblichen Coordinaten zu complicirteren Rechnungen führen werden, als die in der Astronomie und der physikalischen Geographie.

Geometrische Krystallographie 1881. SS. 37 u. a. Die Methode wurde auch von Websky, Schrauf und Anderen benutzt. Am vollständigsten aber in der »Zweiten analytisch-krystallographischen Studie«, 1886, des Verfassers.

Aus dem Folgenden ersieht man in der That, dass das neue Coordinatensystem zu viel einfacheren Rechnungsformeln führt.

Nun müssen wir noch eine andere Frage aufstellen: Wenn das jetzt übliche System der krystallographischen Grössenbestimmungen zu complicirten Rechnungen führt, so hat es vielleicht den Vorzug der einfacheren und bequemeren Beobachtungen?

Wollen wir diese Frage einer Prüfung unterziehen.

Die jetzt zur Winkelmessung eines Krystalls gehörende Arbeit setzt sich aus folgenden Operationen zusammen:

a) Das Aufsetzen des Krystalls auf den Apparat und zwar zuerst in solcher Lage, dass die Kante zweier Krystallflächen wenigstens ungefähr parallel der Goniometeraxe ist.

b) Die Justirung d. h. die genaue Einstellung dieser Kante in die richtige Lage. Verwendet man ein Goniometer mit einem Fernrohr, so muss noch die Arbeit der Centrirung hinzugefügt werden.

Endlich c) die Arbeit der Messung selbst.

Von diesen Operationen ist nur die letzte die unbedingt productive, zweckentsprechende; dabei ist diese Arbeit im Vergleich mit den mühsamen und oft beschwerlichen beiden anderen Operationen nur als eine leichte und angenehme Beendigung einer schweren Arbeit anzusehen. Dies ist allbekannt.

Dabei muss man diese unbequeme Arbeit so viele Male wiederholen, als Zonen am Krystall zur Messung bestimmt sind. Die Arbeit des Abmessens wird erleichtert, wenn eine Zone viele Krystallflächen einschliesst, und besonders für diejenige Zone, in welcher der Krystall verlängert erscheint.

Ausserdem bemerkt man in den meisten Fällen, dass das Signalbild etwas, wenn auch meist unbedeutend, aus der Zone abgelenkt ist, und dieser Umstand tritt besonders hinderlich bei genaueren Messungen auf. Leider treffen wir nur sehr selten in der Fachliteratur die Hinweise darauf, wie die hervorragenden Forscher diesen hinderlichen Umstand zu beseitigen versuchten. Nach dem autoritativen Zeugniss von Websky*) »ist man gewöhnt, kleine Abweichungen der Reflexe aus der tautozonalen Lage zu vernachlässigen, und die Intersection des Reflexes mit dem Verticalfaden als Position in der Zone zu stellen«. Man vergleiche auch die hierauf bezügliche Methode von P. Groth (Pogg. Ann. **144**, 34), welche auch in der bekannten Arbeit von Websky**) über das Goniometer erklärt wurde; ferner wurde eine besondere Methode von F. Becke***) angewandt (in seiner bekannten Arbeit über natürliche Aetzung an verschiedenen Krystallen).

*) Diese Zeitschrift 1880, **4**, 567.

**) Ebenda 564—568.

***) Mineralog. u. petrogr. Mittheil. **9**, 1885, 5.

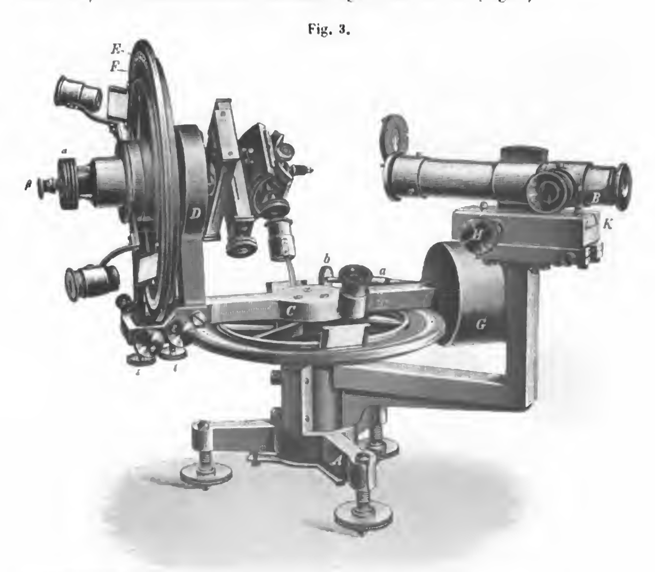
Das neue Verfahren entbehrt nun gerade der beiden ersten Operationen, und der Forscher hat nach unbeträchtlicher vorbereitender Arbeit nur die angenehmere der unmittelbaren Ablesung zu vollziehen. Sehr zweckmässig bleibt es auch hier, für sämmtliche Flächen einer Hemisphäre einmal nach einer (im Allgemeinen herrschend entwickelten) Zone die Justirung auszuführen, weil dies zu sehr bedeutender Vereinfachung der Rechnungen führt.

Meiner Ansicht nach ist gerade der letzte Umstand d. h. die ansehnliche Erleichterung und Schnelligkeit der Ausführung des Beobachtungsprocesses von entscheidender Bedeutung für die Beurtheilung der Sache.

Das Universalgoniometer und seine Bestandtheile.

§ 8. Der Apparat ist nach dem Vorbilde eines Theodolithen construirt*) und besteht wesentlich aus folgenden Theilen (Fig. 3):

Fig. 3.



*) Die erste Beschreibung des Apparates und die Angaben der mittelst derselben erzielten Vortheile publicirte ich schon i. J. 1889 (Verhandl. d. k. Mineral. Ges. **26**, 458). Neuerdings hat der Verfertiger desselben, Herr Mechan. Petermann, für die kais. Akad. d. Wiss. ein zweites, mehrfach verbessertes Exemplar hergestellt.

A) dem Stativ,

B) dem mit demselben durch den massiven Winkelarm fest verbundenen Fernrohr von besonderer innerer Construction.

Dieses Rohr wird mit Hülfe der Crémaillère *H* parallel seiner optischen Axe verschoben; als Richtungsapparat dient der kleine Schlitten *K*. Die Bewegung hat den Zweck, das Rohr dem zu messenden Krystall bis zur deutlichen Sehweite nähern zu können*).

C) Dem horizontalen Theilkreis.

Um die durch den Mittelpunkt dieses Limbus hindurchgehende Verticalaxe sind sämmtliche anderen Bestandtheile des Apparates nebst zwei Nonien (mit Beleuchtungsloupen) drehbar.

Dieser bewegliche Theil besteht seinerseits aus dem die horizontale Axe tragenden Untersatze *D*, dem mit dieser Axe verbundenen Limbus *E* (aussen) und dem Nonienkreis *F* (innen).

Auf dem entgegengesetzten Ende der Axe ist der Justirapparat angeschraubt.

Alle diese um die Verticalaxe beweglichen Theile will ich kurz als den mobilen Theil des Apparates bezeichnen.

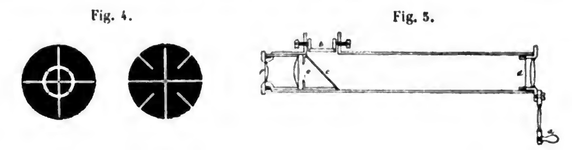
Endlich ist *G* das Gegengewicht.

Jetzt gehe ich zu der detaillirten Beschreibung einiger besonders wichtiger Bestandtheile über.

Einer der wesentlichsten Theile des Apparates ist das Fernrohr. Wird die Vorsteckloupe weggeschoben, so dient dasselbe zugleich als Einlassrohr und als Beobachtungsrohr.

Die von dem Signál *b* (in der Fig. 4 für sich dargestellt) ausgehenden Strahlen spiegeln sich an dem sehr dünnen (Deck-)Gläschen *c* (Fig. 5),

Fig. 4. Fig. 5.



welches unter 45° zur Axe des Rohres gestellt ist. Indem diese Strahlen durch das Objectiv *d* hindurchgehen, werden sie parallel, treffen so die Krystallfläche und werden, falls die letztere genau senkrecht dazu ist, auf demselben Wege zurückgeworfen. Ein Theil derselben bewirkt ein reelles Bild in dem Brennpunkte des Objectivs, und gerade hier befindet sich das

*) Auf dem Schlitten ist durch einen Strich die Lage markirt, in welcher das Rohr bei der Ausführung der Messung eingestellt werden soll. Sonst könnte sich in Folge der nicht ganz genauen Parallelität der Bewegung ein Fehler einschleichen.

Fadenkreuz e. Das Bild sammt dem Fadenkreuz wird durch das Ramsden'sche Ocular erblickt.

Um den Krystall selbst zu erblicken verschiebt man die Vorsteckloupe a in die primitive Lage und dann ist das Fernrohr in ein schwaches Mikroskop verwandelt.

Der verticale Limbus ist mit dem Repetitionskreise verbunden und auch für sich einer Bewegung fähig, welche die zum Ablesen bequemere Lage des Nullpunktes der Theilung ermöglicht. Die grobe Bewegung des inneren, die Nonien tragenden Kreises wird durch die gezahnte Kreisscheibe α hervorgebracht; die Scheibe β dient zur Befestigung dieses Kreises mit dem des Limbus. Die Schrauben γ und δ klemmen den Limbus resp. den Nonienkreis.

Bei Einzelbewegungen dieser Kreise sind die Schrauben frei zu halten; auch wenn beide zusammen bewegt werden sollen, bleiben diese Schrauben frei, nur die Scheibe β wird geklemmt; sonst ist diese Scheibe ungeklemmt zu lassen.

Zu Mikrometerbewegungen dieser Kreise dienen die Schrauben ε und Θ.

Der horizontale Limbus trägt keinen Repetitionskreis. Seine grobe Bewegung lässt sich sehr bequem durch Andrücken mit der Hand auf das Gegengewicht bewerkstelligen, so dass dieser Theil die Rolle eines Handgriffes spielt; dabei lüftet man die Schraube a *). Zu Mikrometerbewegung dient die Klemmschraube b.

§ 9. Jetzt wenden wir uns der Ausführung der Beobachtungen zu. Der zu messende Krystall wird wie gewöhnlich auf den Träger gebracht. Vor die seitliche Oeffnung in dem Rohre, wo das Signal aufgesetzt ist, wird das verlängerte Rohr einer Laterna magica aufgestellt. Dadurch ist das Signal recht hell beleuchtet und mittelst des Oculars sieht man die Reflexe von kleinen Krystallflächen, falls sie glänzend genug sind. Um aber dabei alles Licht von dem Auge des Beobachters abzuhalten, wird in die Signalöffnung ein hölzerner schwarzer Kegel eingepasst und dieser mit dem Rohr der Laterne durch ein solches aus schwarzem Calico verbunden.

Um die Richtigkeit der Lage der Laterne zu prüfen, d. h. ob ihr Licht die möglichst hellen Reflexe giebt, muss man kleine gut geschliffene Glasstückchen zur Hand haben und ein solches das Objectivende des Fernrohres berühren lassen. Wir sehen dann im Ocular einen hellen Reflex (von dem Gläschen) entstehen und finden durch verschiedene Bewegungen der Laterne **) diejenige Lage desselben, bei welcher der Reflex der hellste ist.

Stellen wir zuerst den mobilen Theil des Apparates in solche Lage, dass die horizontale Axe ungefähr die zur Fernrohraxe senkrechte ist; diese Lage entspricht der Nulltheilung des horizontalen Limbus. Dann stellen wir

*) In der Figur ist diese Schraube, weil sie verdeckt ist, punktirt angegeben.

**) Die Laterne soll auch einer Bewegung von unten nach oben fähig sein.

das Auge in die Verlängerung der Fernrohraxe derart, dass das durch das Objectiv gesehene Signal in Bezug auf die Oeffnung des Fernrohrs eine vollständig concentrische Lage einnimmt. Bedeckt dabei der Krystall den Mittelpunkt des Signals, so ist er auf dem Träger richtig angebracht. Bei dieser Lage des Krystalls können wir dessen sicher sein, dass jede zur optischen Axe des Fernrohrs genau senkrecht eingestellte Fläche die Lichtstrahlen wirklich in das Rohr reflectiren wird.

Sonst hat man die Lage des Krystalls durch die Centrirschrauben zu corrigiren.

Jetzt ist die vollständige Uebersicht vorzunehmen, damit keine einzige Krystallfläche der Beobachtung entgehe.

Zuerst stellen wir den verticalen Nonienkreis in die Null-Lage und mittelst des Gegengewichtes lassen wir den mobilen Theil langsam um die Verticalaxe sich drehen. Die Langsamkeit ist dabei schon deshalb wesentlich, weil sonst sehr lichtschwache Reflexe unbemerkt vorbeilaufen würden.

Weiter drehen wir denselben Verticalkreis um einen kleinen Winkel und wiederholen noch einmal dieselbe Operation und so fort, bis der Verticalkreis alle Lagen von 0—180° durchwandert hat.

Der jedesmalige Drehungswinkel hängt von der Grösse des Gesichtsfeldes des Fernrohrs und des Signals ab; damit ein Reflex der Beobachtung nicht entgehe, soll der Drehungswinkel kleiner sein als die Summe der beiden Gesichtsfelder. In dem von mir benutzen Instrument beträgt dieser Winkel mehr als $2\frac{1}{2}$ Grad.

Im allgemeinsten Falle sind also zur vollständigen Uebersicht eines Krystalls höchstens 80 Drehungen nöthig.

Es empfiehlt sich auch ein anderes Verfahren. Man stellt in der Höhe der mobilen Axe seitlich eine Kerzenflamme auf. Der Beobachter hält ein Auge vor das Ocular und mit dem anderen besieht er den Krystall. Dabei sind die Drehungen um die beiden Axen zu vollziehen, bis in der zu untersuchenden Fläche die Kerzenflamme reflectirt gesehen wird. Dann ist die Kerze zur Seite zu bringen und nur eine Drehung um die Verticalaxe auszuführen, damit der gesuchte Reflex durch das Gesichtsfeld geht. Selbst wenn dies nicht geschehen ist, so bleiben nur einige sehr kleine Drehungen auszuführen, um zu dem Resultate zu gelangen. Dieses Verfahren empfiehlt sich besonders bei sehr geringer Anzahl der Flächen.

Falls der Krystall nach einer Symmetrieaxe justirt ist, d. h. falls eine solche Axe sich parallel der beweglichen horizontalen Axe befindet, verkürzt sich die vollständige Uebersicht in hohem Grade, weil jetzt der Krystall nicht um ganze 180°, sondern nur um einen Theil davon gedreht werden muss. Die zu einer beobachteten Fläche symmetrische in Bezug auf diese Axe findet sich leicht durch blosse Umdrehung um die horizontale Axe: bei dieser Umdrehung wiederholen sich die Reflexe so oft, als es die Zähligkeit

der Axe angiebt oder, falls es durch diese Axe hindurchgehende Symmetrieebenen giebt, kann die Zahl der Reflexe sich noch verdoppeln.

Jedes Mal, wenn ein Theil des Signals im Gesichtsfelde sichtbar wird, kann man leicht, zuerst mit grober Handbewegung, zuletzt mit Hülfe der Schrauben ε und θ das Signalcentrum fein stellen, d. h. mit dem Centrum des Fadenkreuzes zu Deckung bringen.

Es sind jetzt nur noch die beiden Theilkreise abzulesen. Ich pflege zuerst die Ablesung des horizontalen Limbus (also die zur Verticalaxe gehörende Drehbewegung) und dann des verticalen auszuführen.

Selbstverständlich bedient man sich beim Ablesen stets eines und desselben Nonius*).

Falls Excentricität vorhanden ist, sind die Ablesungen an beiden Nonien auszuführen. Zum Zweck der Unterscheidung stelle ich die zweite Ablesung in Klammern z. B. 98° 54′ 30″ (278° 53′ 50″); die richtige Zahl wird 98° 54′ 40″.

Die Ablesung 46° 32′ 10″; 98° 54′ 30″

bedeutet, dass der Drehungswinkel um die Verticalaxe die Grösse 46° 32′ 10″ beträgt und der um die horizontale (bewegliche) Axe 98° 54′ 30″.

Zu Berechnungen müssen wir aber die Grössen haben, welche über die Grenzen — 90°, 0, + 90° nicht hinausgehen. Die beiden Theilkreise sind aber in 360° getheilt, um Zweideutigkeit zu vermeiden. Es soll also eine Umzählung unternommen werden.

Bei dieser Umzählung müssen wir besonders zwei Dinge in Betracht ziehen: 1) dass die Theilungen dem Uhrzeigersinn folgen, und 2) dass jede Ablesung angiebt, dass die beobachtete Fläche die der optischen Axe des Fernrohrs senkrechte Lage angenommen hat, also diejenige Lage, welcher bei Anfangsstellung des Goniometers die Ablesung: 0° 0; 0° 0 entspricht. Zu Berechnungen sind aber die Winkelgrössen erforderlich, welche den Drehungen von dieser Stellung bis zur Anfangsstellung des Instrumentes entsprechen. Der Sinn (das Vorzeichen) muss also entgegengesetzt angenommen werden.

Ziehen wir dies Alles in Betracht, so erhalten wir folgende Regel für die Umzählung der rohen Beobachtungszahlen:

a) entweder müssen die Zahlen durch die complementären (zu 180° oder zu 360°) ersetzt werden, oder mit dem entgegengesetzten Vorzeichen genommen, und

b) falls die krystallographische Länge in den Grenzen 90°—180°—270° liegt, so muss das Vorzeichen der die krystallographische Breite ausdrückenden Zahl in das entgegengesetzte verändert werden.

Sehr viele verschiedenartige Beispiele findet man in den Tabellen des V. Kapitels.

*) Zu diesem Zweck sind dieselben nummerirt.

Hierüber noch eine Bemerkung.

Für eine Hemisphäre soll die Breitengrösse nicht ausser den Grenzen 90°—0°=360°—270° liegen. Falls aber ein Pol einer anderen Hemisphäre beobachtet worden ist, so setze ich die entsprechende Zahl in Klammern [ ]. Diese Bemerkung darf nicht unbeachtet bleiben, weil sie für die Krystallberechnungen wesentlich ist.

An dem von mir benutzten Goniometer sind die beiden Theilkreise in je 10′ getheilt (jeder Grad in 6 gleiche Theile) und jeder Nonius besitzt die Länge von 59 solcher Theilungen und ist in 60 gleiche Theile getheilt; einem Theilstrich des Nonius entspricht also die Winkelgrösse von 10″.

§ 10. Jetzt wenden wir uns demjenigen Fall zu, in welchem der vollständigen Uebersicht eine Justirung nach einer Zone vorangehen soll (im Allgemeinen ist dafür die Zone der Hauptaxe oder Verticalaxe zu nehmen).

Zu diesem Zweck bringen wir den Krystall in solcher Orientirung auf den Träger, dass die gewählte Zone parallel dem Trägerzapfen ist (also senkrecht zu dem Trägerplättchen). Dabei soll eine Fläche (und zwar diejenige, welche den besten Reflex liefert) parallel sein einer der Axen des Justirapparates.

Nachdem wir mittelst der Drehungsschrauben des Justirapparates dazu gelangt sind, den Mittelpunkt des Fadenkreuzes mit dem des Signals zur Deckung zu bringen, führen wir allmählich den Nonius des horizontalen Theilkreises in die Nullstellung und halten dabei mittelst fortwährender Drehung der Justirschraube die Deckung der beiden Mittelpunkte stets fest, bis wir endlich dazu kommen, dass die Krystallfläche genau den beiden Axen des Instrumentes zugleich parallel ist. Mittelst der anderen Justirschraube bringen wir leicht auch eine andere Fläche derselben Zone in genau richtige d. h. in die der beweglichen Axe parallele Lage.

Ist die Justirung vollzogen, so bringen wir wieder die erste Fläche in die verticale (zum Fernrohre senkrechte) Lage, welcher die Coordinaten: 90° 0; 0° 0 entsprechen sollen. Das erste ist schon geschehen, das zweite geschieht, wenn wir die Verklemmung δ lüften (γ bleibt geklemmt) und den verticalen Nonienkreis allein drehen, bis sein Nullstrich genau mit dem des Nonius zusammentrifft.

Ein besonders wichtiger Fall ist der der Justirung nach einer Symmetrieaxe, wenn dabei die dieser Zone angehörenden Flächen vollständig unbrauchbare oder schlechtere Reflexe geben, als einige ihr nicht parallele Flächen (dieser Fall ist ein sehr gewöhnlicher).

Wir unterscheiden dabei zwei Unterfälle: a) denjenigen der zweizähligen und b) denjenigen der mehrzähligen Symmetrieaxe.

In dem ersten haben wir nur zwei Reflexe zur Verfügung, welche den Flächen A und B (s. Fig. 6 auf S. 609) entsprechen, und wir beginnen damit,

die beiden entsprechenden Reflexe bei der Drehung um die horizontale Axe durch den Fadenkreuzmittelpunkt hindurchgehen zu lassen.

Fig. 6.

Die bewegliche Axe *C* deckt sich dabei nicht mit der Symmetrieaxe *D*, aber da die letztere auf dem geometrischen Orte der gleichweit von den beiden Polen *A* und *B* entfernten Punkte gelegen ist, so lesen wir auf dem verticalen Theilkreis die Grösse des Drehungswinkels, welcher im Allgemeinen sich von 180° unterscheidet, ab und indem wir jetzt denjenigen Theil des verticalen Theilkreises merken, welchem ein geringerer Drehungswinkel als 180° entspricht, erkennen wir die Richtung, in welcher die Correction ausgeführt werden muss. Wir wiederholen den Process nach Ausführung der Correction, bis der Drehungswinkel genau 180° ist.

Ganz analog können wir auch in dem zweiten Falle verfahren, d. i. beim Vorhandensein einer mehrzähligen Symmetrieaxe. Da uns aber jetzt mehr als zwei Reflexe zur Verfügung stehen, so können wir von dem Ablesen des Limbus absehen und unmittelbar nach je drei derselben genau justiren. Es seien jetzt *A* und *B* (Fig. 6) die beiden durch den Mittelpunkt des Fadenkreuzes hindurchgehenden Reflexe, und der dritte *C* deckt sich (in dem kürzesten Abstande) mit diesem Mittelpunkte nicht. Nun drehen wir den beweglichen Theil um die Verticalaxe in derjenigen Richtung, in welcher der Reflex *C* sich noch mehr von dem genannten Mittelpunkte entfernt; dann bringen wir mittelst der Justirschrauben wieder die beiden Reflexe *A* und *B* zur Deckung mit dem Fadenkreuze. Die Operation ist zu wiederholen, bis alle drei Reflexe durch den Fadenkreuzmittelpunkt hindurchgehen.

In allen Fällen können wir die bestentwickelten und glänzendsten Krystallflächen benutzen, also die genaueste Justirung ausführen, welche überhaupt bei dem gegebenen Grade der Vollkommenheit der Krystallbildung zulässig ist; und gerade dieser Umstand ist es, welcher dieser Operation einen besonderen Werth verleiht.

§ 11. Ausser dem soeben beschriebenen Verfahren mit dem Instrument als mit einem Universalgoniometer lässt sich dasselbe natürlich auch als ein gewöhnliches Goniometer mit einer Axe (horizontaler oder auch verticaler) gebrauchen. Da aber diese Art der Verwendung in keinem Falle einen Vorzug haben kann, so sehe ich von der Beschreibung dieser Anwendung des Instrumentes ab.

Ich will aber einige Aufmerksamkeit auf dasjenige Verfahren lenken, welches bei dem Gebrauch eines äusseren Signals Platz hat*).

Wir bringen zuerst ein gut polirtes Glasplättchen auf dem Träger an,

*) Dieses Verfahren empfiehlt sich überhaupt für die nicht sehr gut reflectirenden Flächen, wenn bei der Anwendung des inneren Signals der Reflex nicht mehr sichtbar oder sehr lichtschwach ist.

justiren es in genau zur horizontalen Axe senkrechter Lage und versetzen den horizontalen Theilkreis in die Null-Position.

Dann drehen wir den mobilen Theil um die Verticalaxe um einen bestimmten, sehr einfachen Winkel (am besten genau 20°) und stellen in einer Entfernung ein Flammensignal genau so auf, dass sein Reflex mit dem Fadenkreuzmittelpunkte zusammenfällt.

Alle anderen in diesem Falle auszuführenden Operationen bleiben dieselben; nur muss man bei der Umzählung der rohen Beobachtungszahlen von den der krystallographischen Breite entsprechenden stets eine und dieselbe Zahl*) subtrahiren (ich benutze hierzu immer die Zahl 20°).

Bei dem letzten Verfahren empfiehlt sich neben dem Flammensigna auch eine beleuchtete Fläche oder in einer nicht grossen Entfernung eine andere Flamme aufzustellen, welche bei dem Ablesen, falls ein Zweifel entsteht, zur Seite gestellt werden kann. Dadurch wird das Aufsuchen der Reflexe in hohem Grade erleichtert.

Benutzt man bei der Beobachtung das äussere Signal, so wird die Centrirung nöthig, aber dieser Process vollzieht sich bei der Anwendung des Universalgoniometers viel einfacher, als bei der des Goniometers mit einer Axe.

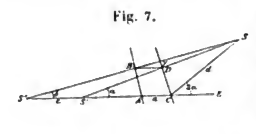
Ist die Fläche annähernd richtig eingestellt, so schiebt man die Vorstecklupe in die Mikroskopstellung (vor das Objectiv) und dreht den mobilen Theil des Goniometers um die Verticalaxe um den Winkel 90°. Dann sieht man die Krystallfläche im Profil und nichts ist leichter, als mittelst der Centrirschrauben sie in Berührung mit dem Verticalfaden des Fadenkreuzes zu bringen.

Trotzdem ziehe ich vor, das Signal so weit als möglich zu entfernen und von der Centrirung abzusehen.

Ich erlaube mir sogleich die einfache Methode anzugeben, den dabei begangenen Maximalfehler zu berechnen.

Es sei S (Fig. 7) das äussere Signal, CD die richtige Lage einer Fläche und AB die Lage der nicht genau centrirten Fläche, wobei AC die Fortsetzung der optischen Axe des Fernrohrs ist.

Fig. 7.



Da bei der Beobachtung die Krystallflächen die Rolle eines Spiegels spielen, so haben die reflectirten Signale die Lagen der Punkte S' und S'', welche auf der Geraden AC liegen, und zwar sind S und S' von der Fläche CD, S und S'' von der Fläche AB gleichweit entfernt.

Es sei 2α der doppelte Einfallswinkel der vom Signal zur Fläche kom-

*) In dem Beobachtungsjournale schreibe ich aber immer die rohe, wirklich beobachtete Zahl, um nachher alle Zweifel in der richtigen Umzählung zu vermeiden.

menden Lichtstrahlen, a die Excentricitätsgrösse der Fläche, d der Abstand des Signals von dem spiegelnden Flächentheile und γ der gesuchte Winkel $S'SS''$, welcher dem von der Excentricität bedingten Fehler entspricht.

Ausserdem bezeichnen wir noch den Winkel $SS''E$ durch δ und die Gerade $S'S''$ durch e.

Das Dreieck CSS' ist ein gleichschenkliges; also ist der der Basisseite anliegende Winkel $SS'C$ der Hälfte des Aussenwinkels $SCE = 2\alpha$ gleich. Derselbe Winkel ist aber Aussenwinkel in Bezug auf das Dreieck $S'SS''$. Folglich

$$\gamma + \delta = \alpha.$$

Die Seitenlänge SS' ist $= 2d \cos \alpha$.

Deshalb haben wir auf Grund eines bekannten Theorems:

$$\frac{e}{\sin \gamma} = \frac{2d \cos \alpha}{\sin \delta} = \frac{2d \cos \alpha}{\sin (\alpha - \gamma)},$$

also auch

$$e (\sin \alpha \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma) = 2 d \cos \alpha \sin \gamma$$

und $e (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \gamma) = 2d \operatorname{tg} \gamma$; endlich $\operatorname{tg} \gamma = \dfrac{e \operatorname{tg} \alpha}{2d + e}$.

Da aber einerseits $e = S'S'' = 2BD$, andererseits aber BD unbedeutend kleiner als $AC = a$ ist, so erhalten wir, wenn wir e durch $2a$ ersetzen,

$$\operatorname{tg} \gamma < \frac{a \operatorname{tg} \alpha}{d}.$$

Dabei lassen wir die Grösse e in dem Nenner ausfallen, weil sie im Verhältniss zu $2d$ sehr klein ist.

Bei meinen Beobachtungen ist $\alpha = 20^0$, $d = 24$ m *); also (in mm ausgedrückt): $\operatorname{tg} \gamma < a \times 0{,}00001517 < a \operatorname{tg} 0^0 0' 3\frac{1}{3}''$.

Dieses Resultat zeigt, dass der Centrirungsfehler bis 1 cm gross sein kann, ohne dass der daraus entstandene Fehler in dem zu messenden Winkel die Grösse einer halben Minute übersteige; also ein so grosser Fehler in der Centrirung, wie er bei etwas genügender Einstellung nicht begangen werden kann.

Justification und Correctur des Universalgoniometers.

§ 12. Ehe man mit diesem Instrument die oben beschriebenen Beobachtungen ausführt, soll es justificirt und corrigirt werden und zwar in folgenden Beziehungen:

---

*) Ein so grosser Abstand des äusseren Signals ist immer leicht mittelst Spiegeln zu erreichen, wie dies auch bei meinen Beobachtungen der Fall ist.

a) Das (innere) Signal ebenso wie das Fadenkreuz müssen sich in der Brennebene des Objectivs befinden; dabei fallen die Wege der durch das Objectiv hindurchgehenden, von den Mittelpunkten des Fadenkreuzes und des Signals ausgehenden Strahlen zusammen.

b) Die optische Axe des Fernrohrs muss senkrecht zu der (unbeweglichen) Verticalaxe des Goniometers sein.

c) Ebenso muss die horizontale (bewegliche) Axe zu derselben senkrecht sein.

Endlich d) sind noch die beiden Theilkreise in Bezug auf die Genauigkeit ihrer Theilung und auf die Excentricität zu prüfen; ebenso muss man genau denjenigen Punkt des horizontalen Theilkreises feststellen, bei welchem der Parallelismus der horizontalen Axe und der optischen Axe des Fernrohrs statt hat.

Ich lasse die Beschreibung der Correctionen in der hier angedeuteten Ordnung folgen.

Correctur a.

Man richtet zuerst das Fernrohr auf einen sehr entfernten Gegenstand und verschiebt das Ocular, bis das Fadenkreuz ganz deutlich gesehen wird. Ist dieses Kreuz richtig eingestellt, so muss das wirkliche Bild des entfernten Gegenstandes (z. B. des Sternes) mit dem des Fadenkreuzes sich genau in derselben Ebene befinden; deshalb sieht man beide Dinge mit demselben Grade der Deutlichkeit. Bewegt man dabei das Auge, so ist keine Spur relativer Bewegung beider Bilder zu beobachten.

Ist dies nicht der Fall, so hat man die Einstellung des Fadenkreuzes zu corrigiren, bis die angegebene Justification deren Richtigkeit feststellt.

Um die Richtigkeit der Einstellung des Signals zu prüfen, stellen wir einen Spiegel vor das Fernrohr, und zwar zuerst sehr nahe und dann recht entfernt von ihm. In beiden Fällen muss die Deutlichkeit des Signalbildes dieselbe bleiben und dabei stets das Zusammenfallen der beiden Bilder in einer Ebene statt haben.

Im entgegengesetzten Falle hat man die Einstellung des Signals zu corrigiren, bis die angegebene Justification deren Richtigkeit feststellt.

Das Zusammenfallen der Wege der aus den Mittelpunkten des Signals und des Fadenkreuzes kommenden Strahlen wird dadurch geprüft, dass man das Fadenkreuz von der Ocularseite durch eine Kerzen- oder Lampenflamme beleuchtet; das Ocular selbst wird dabei weggenommen. Das zu prüfende Zusammentreffen oder Nichtzusammentreffen sieht man unmittelbar von der Objectivseite, wenn man dahin das Auge bringt.

Falls das Zusammenfallen der Mittelpunkte nicht statt hat, muss die Lage des Signals in seiner eigenen Ebene corrigirt werden. Dazu dienen zwei Paar rechtwinkliger Schrauben, welche den Ring mit dem Signal tragen.

Correctur b.

Zu diesem Zwecke dient am besten ein Planparallelglas *).

Ein solches bringen wir auf den Krystallträger in der zu dem Tischchen senkrechten Lage. Dann stellen wir den beweglichen Theil des Instrumentes in die Position, bei welcher (die Breite) $A = 90^0$, und justiren genau in dieser Lage. Nun ist nur noch der mobile Theil um die Verticalaxe (um den Winkel 180^0) zu drehen; alsdann läuft der Reflex zum zweiten Male genau durch den Fadenkreuzmittelpunkt, wenn die Verticalaxe genau senkrecht zur optischen Axe des Fernrohrs ist. Im entgegengesetzten Falle muss die Hälfte des Fehlers mittelst der Justirschrauben und die andere Hälfte mittelst der den Schlitten K tragenden Einstellungsschrauben corrigirt werden.

Selbstverständlich muss in dem letzteren Falle die Justification aufs Neue wiederholt werden, bis sie auf angegebene Weise genau constatirt wird.

Es lässt sich auch ein nicht-planparalleles Glas anwenden. Ein solches ist, wenn gut geschliffen, ein Keil, und mittelst Drehung um die bewegliche horizontale Axe kann man ihn in solcher Lage einstellen, dass die beiden Reflexmittelpunkte genau durch den Mittelpunkt des Fadenkreuzes hindurchgehen.

Dann ist auch ein solches Glas in derselben Weise anzuwenden, wie dies mit den planparallelen der Fall ist.

Correctur c.

Man befestigt ein planparalleles Glas liegend auf dem Tischchen des Krystallträgers, stellt die (bewegliche) horizontale Axe der optischen Axe des Fernrohrs parallel (in die Nullstellung) und justirt dann in dieser Lage möglichst genau.

Im Allgemeinen beschreibt dabei der Signalmittelpunkt einen Kreis. Es sei nun A die primitive Lage des Mittelpunktes (Fig. 8) und C die scheinbare Lage des Kreiscentrums.

Fig. 8.

Die Grösse AC lässt sich in zwei Componenten zerlegen: in eine horizontale BC und in eine verticale AB.

Die horizontale Componente wird dadurch aufgehoben, dass eine Hälfte derselben mittelst der Justirschrauben und die andere Hälfte durch eine kleine Drehung um die Verticalaxe corrigirt wird; diese Drehung wird mittelst der Einstellungsschrauben ausgeführt; dabei stehen zur Verfügung ebensogut die den Schlitten K tragenden

*) Der Apparat selbst giebt ein treffliches Mittel an die Hand, nicht nur die genaue Planparallelität zu constatiren (was sehr selten der Fall ist), sondern fast gleichzeitig den von beiden Flächen des Glases gebildeten Winkel zu bestimmen. Es ist nur nöthig, das Glas an das Objectivende des Fernrohres anzulehnen. Ist es planparallel, so giebt es ein einziges Signalbild, andernfalls entstehen zwei Bilder, deren Entfernung als Maass des Winkels dient.

Schrauben, wie auch diejenigen, welche den Untersatz *D* des mobilen Theiles tragen und die Drehung dieses Theiles um die Verticalaxe bewirken.

Auf diese Weise kommen wir nach einigen Wiederholungen zu derjenigen Lage der Theile, bei welcher der Kreismittelpunkt sich in einer und derselben Geraden bewegt. Wäre die bewegliche (horizontale) Axe zu der Verticalaxe genau senkrecht, so wäre auch die verticale Componente verschwunden, und der Punkt bewahrte unverändert seinen Platz, d. h. die beiden Mittelpunkte würden während der Drehung stets zusammenfallen *). Ist dies nicht der Fall, so beschreibt der Reflex einen Kreis, dessen Mittelpunkt sich in der verticalen Geraden befindet, und dann muss noch eine Correction ausgeführt werden: die Hälfte mittelst der Justirschrauben und die andere Hälfte mittelst der anderen, den Untersatz *D* des mobilen Theiles tragenden Einstellungsschrauben, welche die Bewegung um eine horizontale Axe bewirken. (Von diesen vier Paar Schrauben ist in der Figur nur eine, am rechten Rande von *D*, zwischen diesem und dem ersten Centrirschlitten, sichtbar.)

Auf diese Weise kommen wir endlich dazu, dass bei der Nullstellung des mobilen Theiles der Mittelpunkt des Reflexes während einer vollständigen Umdrehung um die horizontale Axe mit dem Mittelpunkte des Fadenkreuzes in Deckung bleibt.

Ist dies geschehen, so ist das Instrument für die Beobachtungen vorbereitet.

Correctur d.

Es bleibt jetzt noch übrig, die Richtigkeit der Theilkreise zu verificiren resp. die Grösse eines Theilstriches an verschiedenen Stellen dieser Kreise zu ermitteln.

Der Weg, diese Verification auszuführen, ist bekannt, und es soll daher nur an dem Beispiele des von mir benutzten Instrumentes diese Operation klargelegt werden.

Ich fange von dem Nullpunkte an, mit welchem ich zuerst auch den Nullpunkt des Nonius genau zusammenfallen lasse, und merke dann diejenigen Theile an, in welchen am besten die Striche des Theilkreises und des Nonius coincidiren. Nachdem auch die Ablesung des anderen Nonius ausgeführt ist, bringe ich den Nullpunkt des Nonius in Coincidenz mit dem angemerkten Striche der Theilung und so fort.

Auf diese Weise wird für jede Stelle des Theilkreises gefunden, wie viele Theile desselben einer bestimmten Anzahl Theile des Nonius gleich sind.

*) Bei dieser Justification kommt manchmal eine kleine Ungenauigkeit in der Signaleinstellung zum Vorschein (Corr. a), und zwar sieht man den Mittelpunkt des Reflexes streng (bei der Drehung) seinen Platz behalten, aber nicht genau mit dem des Fadenkreuzes zusammenfallen. Man bringt jetzt leicht das Signal in die genaue Lage mittelst der oben erwähnten, zu einander senkrechten, das Signal tragenden Einstellungsschrauben.

Die betreffenden Beobachtungen sind in den beiden nächstfolgenden Tabellen enthalten.

I. Die Verificationstabelle des horizontalen Theilkreises.

Ablesung auf dem Limbus	Anzahl der Limbustheile	Anzahl der Noniustheile	Ablesung mit dem 2. Nonius	Excentricitäts-fehler
0° 0′ 0″	—	—	180° 0′ 0″	0′ 0″
9 50	59	60	189 50 10	0 5
19 40	59	60	199 40 10	0 5
29 30	59	60	209 30 10	0 5
39 20	59	60	219 20 10	0 5
49 10	59	60	229 10 10	0 5
59 0	59	60	239 0 0	0 0
68 40	58	59	248 40 10	0 5
78 30	59	60	258 30 20	0 10
0° 0′ 0″	—	—	180° 0′ 0″	0′ 0″
350 10	59	60	170 10 0	0 0
340 20	59	60	160 20 0	0 0
330 30	59	60	150 29 50	0 5
320 40	59	60	140 40 0	0 0
311 0	58	59	130 59 50	0 5
301 0	60	61	120 59 40	0 10
290 20	58	59	110 19 40	0 10
280 30	59	60	100 29 40	0 10

Diese Tabelle zeigt auf's Deutlichste die bewunderungswürdige Vollkommenheit der mechanischen Ausführung des Theilkreises und der Nonien*). Man sieht daraus, dass selbst bei den genauesten Messungen keine Correctionen nöthig sind.

II. Die Verificationstabelle des verticalen Theilkreises.

Ablesung auf dem Limbus	Anzahl der Limbustheile	Anzahl der Noniustheile	Ablesung mit dem 2. Nonius	Excentricitäts-fehler
0° 0′	—	—	179° 59′ 40″	0′ 10″
9 50	59	60	189 49 20	0 20
20 0	61	62	199 59 10	0 25
30 10	59	60	210 8 50	0 35
40 20	59	60	220 18 50	0 35
50 30	59	60	230 28 30	0 45
60 40	59	60	240 38 30	0 45

*) Das Instrument ist vom hiesigen Mechaniker Herrn Petermann ausgeführt worden.

Ablesung auf dem Limbus:	Anzahl der Limbustheile:	Anzahl der Noniustheile:	Ablesung mit dem 2. Nonius:	Excentricitäts-fehler:
70°50′	59	60	250°48′ 20″	0′ 50″
81 0	59	60	260 58 20	0 50
91 10	59	60	271 8 30	0 45
101 20	59	60	281 18 40	0 40
111 30	59	60	291 28 40	0 40
121 40	59	60	301 38 40	0 40
131 30	61	62	311 29 0	0 30
141 40	59	60	321 38 50	0 35
151 30	61	62	331 28 50	0 35
161 40	59	60	341 39 0	0 30
171 30	61	62	351 29 30	0 15
181 30	60	61	1 29 50	0 5
Gesammtzahl	1071	1089		

Diese Tabelle zeigt eine geringere, wie dies überhaupt für verticale Kreise der Fall ist, doch sehr hohe mechanische Vollkommenheit.

Man sieht daraus, dass der Excentricitätsfehler niemals 1 Minute übertrifft, also die Correction nur bei genaueren Messungen vorzunehmen ist.

Die Unvollkommenheit der Theilungen ist aber verschwindend klein: anstatt des Verhältnisses $^{60}/_{59} = 1,0169$ haben wir jetzt $^{1089}/_{1071} = 1,0168$.

Zum Schluss möchte ich noch die Bemerkung machen, dass die Verification des Instrumentes von Zeit zu Zeit wiederholt werden muss*). Uebrigens erregt bei der Justirung einer (gut glänzenden) Fläche die Ungenauigkeit der Einstellung von selbst die Aufmerksamkeit des Beobachters, weil bei der Umdrehung der horizontalen Axe der Reflex nicht mehr unbeweglich bleibt, sondern einen kleinen Kreis beschreibt.

Solche Störungen in der Einstellung kommen oft nach Aenderung der Aufstellung des Instrumentes vor (ebenso bei einem Transport selbst bei grosser Vorsicht).

Die kleinen Correctionen lassen sich aber sehr leicht ausführen, und bei der von mir beschriebenen Construction des Goniometers bringen die kleinen Störungen keine Gefahr.

*) Bei unseren Autoren von Krystallmessungen finden wir keine Andeutung darüber, ob sie die Verificirung ihrer Beobachtungsinstrumente ausgeführt haben, ja ob überhaupt eine Correctur der Instrumente möglich war. Meines Wissens sind nur Instrumente benutzt worden, welche der Einstellungsschrauben entbehren.

III. Grundzüge der graphischen Berechnung*).

§ 13. Es empfiehlt sich, ehe man die Berechnungen beginnt, zuerst die Beobachtungsresultate graphisch darzustellen, z. B. in gnomonischer Projection. Dadurch wird die Uebersichtlichkeit erzielt, und etwaige psychische Fehler werden sofort erkannt (z. B. die Ablesung am unrichtigen Nonius). Auch die Zusammenstellung der in derselben Projection dargestellten früheren Resultate ist sehr geeignet, auf kürzestem Wege in der Sache zu orientiren, und kann dazu führen, die eine oder andere Beobachtung nochmals zu wiederholen, ehe der justirte Krystall vom Träger abgenommen wird. Sobald die graphische Darstellung der Beobachtungen ausgeführt ist, entsteht auch eine Reihe von Fragen, welche sehr schnell und bequem graphisch beantwortet werden.

In denjenigen Fällen aber, wie z. B. bei den optischen Bestimmungen, welche keinen Anspruch auf einen sehr hohen Grad der Genauigkeit haben, wenn der wahrscheinliche Fehler z. B. $\frac{1}{2}$ Grad übertrifft, werden sogar Zahlenberechnungen überflüssig, und alle Fragen und Aufgaben lassen sich definitiv graphisch lösen.

Es ist ferner dafür zu sorgen, möglichste Genauigkeit in den graphischen Operationen zu erzielen. Dies ist besonders dann wichtig, wenn die graphische Darstellung nicht nur als Hülfsoperation, sondern als definitive gilt.

Die Hauptbedingungen hierfür sollen zunächst betrachtet, jedoch die Verification der Zeicheninstrumente und deren Benutzung bei Seite gelassen werden, wenn auch diese für die genaue Zeichnung von grosser Wichtigkeit sind. Trotzdem muss ich ausnahmsweise die Theorie eines neuen Instrumentes darlegen, dessen ich mich in manchen zu dieser Abhandlung gehörigen Zeichnungen mit Erfolg bediente. Ich meine das Kreislineal, dessen Idee (nicht die Construction) mir mündlich mein geehrter College, Herr G. Wulff, mittheilte.

Dieses Lineal hat den Zweck, als Hülfsmittel bei dem Zeichnen sehr flacher Kreisbögen, d. h. Bögen von sehr grossem Durchmesser, zu dienen**).

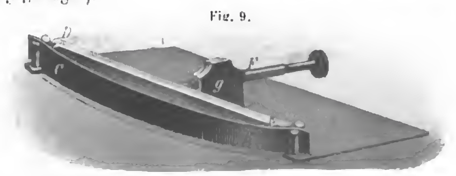
Es besteht wesentlich aus einer Metallplatte A (Fig. 9) und einem geschliffenen stählernen Streifen BC, welcher etwas schräg gestellt wird (zum bequemeren Zeichnen mit der Reissfeder). Dieser Streifen wird mittelst keilartiger Ansätze D und E durch Anziehen der Schraube F gebogen; die Schraubenmutter g ist mit der Platte A fest verbunden. Es

*) Auszug aus der i. J. 1887 erschienenen Einleitung zur »Vierten analytisch-krystallographischen Studie« des Verfassers, mit Ergänzungen.

**) Zuerst in den Nachrichten der Gesellschaft der (russischen) Bergingenieure 1892, Nr. 3, beschrieben.

lässt sich leicht beweisen, dass der vom Streifen gebildete Bogen ein Kreisbogen ist mit einer Annäherung, welche zu Zwecken des Zeichnens vollständig genügt *).

Fig. 9.



Dank diesem Lineale stellt das Zeichnen der sehr flachen Kreisbögen nicht nur mehr kein schweres Hinderniss dar, sondern wird sogar leichter, als das Zeichnen der gewöhnlichen Bögen mittelst eines Zirkels, weil jetzt das Aufsuchen des Mittelpunktes überflüssig wird und das blosse Anlegen des Lineals, verbunden mit einer kleinen Drehung der Schraube, genügt.

Das von mir benutzte Lineal ist ein wenig über 2 dm lang, und es entsteht daher die Frage, wie man einen Kreisbogen durch drei Punkte zieht, falls diese Punkte über die Grenzen des Lineals hinausgehen.

Die analoge Aufgabe für Gerade ist allgemein aus den Lehrbüchern der elementaren Geometrie bekannt und wird durch das Aufsuchen vermittelnder Punkte gelöst.

Es seien A, B und C drei gegebene Punkte und man soll durch sie mittelst des Lineals einen Kreisbogen ziehen, während das unmittelbare Anlegen nicht mehr anwendbar ist (Fig. 11).

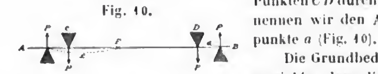
Wir finden zuerst die Geraden DE und FG — die geometrischen Orte

---

*) Für Diejenigen, welche in der hierbei in Betracht kommenden Elasticitätstheorie nicht vollständig orientirt sind, möchte ich folgende Erwägungen hinzufügen:

In diesem Instrumente spielt der stählerne Streifen die Rolle eines auf zwei Stützen ruhenden Balkens, welcher in zwei (in Bezug auf die Stützpunkte symmetrisch liegenden) Punkten CD durch gleiche Gewichte P belastet wird; nennen wir den Abstand dieser Punkte vom Stützpunkte a (Fig. 10).

Fig. 10.



Die Grundbedingung des mechanischen Gleichgewichts, dass die wirkenden Kräfte und die Momente gleich Null, müssen für jeden willkürlich genommenen Punkt F des Balkens gelten, dessen Abstand von A wir durch x bezeichnen und welchen wir in dem Theile CD des Balkens annehmen wollen.

Wenn wir (wie dies gewöhnlich geschieht) einige sehr kleine Grössen vernachlässigen, so erhalten wir für die Summe der inneren (Biegungs-)Kräfte $= P - P = 0$, für die Summe der Momente derselben Kräfte $= Px - P(x-a) = Pa$.

Da aber die Summe der Kräfte für den Theil CD gleich Null ist, und die Summe der Momente für alle Punkte eine constante Grösse bleibt, so ergiebt sich als unmittelbare Folge, dass die Biegung in sämmtlichen Punkten dieses Theiles dieselbe bleibt.

der von dem gegebenen Punktpaare gleich weit entfernten Punkte. Diese Geraden, verlängert bis zum Durchkreuzen, würden in ihrem Schnittpunkte den Mittelpunkt des Kreises treffen. Mittelst einer bekannten Construction können wir auch die Gerade *KH* finden, welche durch den Punkt *B* und den (ausserhalb der Zeichnung liegenden) Mittelpunkt hindurchgeht. Dann ziehen wir durch den Punkt *B* zur Geraden *DE* das Perpendikel *BJ*; durch den Punkt *K* legen wir ferner das Perpendikel *KL* zur Geraden *KH*, nehmen die Länge *KL* = *BJ* und ziehen endlich noch durch den Punkt *L* die

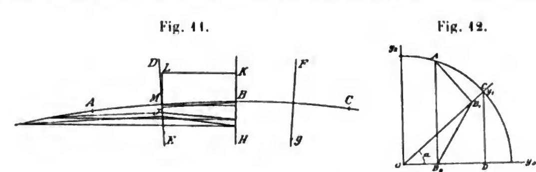


Fig. 11. Fig. 12.

zu *KH* parallele Gerade *LM*. Nun ist es klar, dass der Durchschnittspunkt *M* dieser Geraden mit der Geraden *DE* ebenfalls dem gesuchten Kreisbogen angehört.

Genügt auch diese Construction nicht, d. h. ist es noch nicht möglich, unmittelbar durch die Punkte *A*, *M* und *B* den Kreisbogen zu führen, so können wir noch eine Reihe Hülfspunkte auffinden a) durch die analoge Wiederholung derselben Construction, oder b) indem wir eine merkwürdige Eigenschaft des Kreises benutzen, welche ich gleich analytisch angebe.

Zu diesem Zweck empfiehlt sich am meisten die Gleichung des Kreises mittelst des von mir vorgeschlagenen Coordinatensystems auszudrücken*).

Es seien (Fig. 12) Oy_0 und Oy_1 zwei Coordinatenaxen und Oy_2 eine dritte, senkrecht Oy_0. Dann haben wir auf Grund der von mir angegebenen Transformationsformel**):

$$y_2 \sin(y_0 y_1) = y_0 \sin(y_2 y_1) + y_1 \sin(y_0 y_2) \text{ oder } y_2 \sin\alpha = -y_0 \cos\alpha + y_1, \quad \text{(A)}$$

wenn wir den Winkel $y_0 y_1$ mit α bezeichnen.

Da aber die Axen y_0 und y_2 zu einander senkrecht sind, so ist die Gleichung des Kreises, dessen Mittelpunkt sich in dem Coordinatenanfange befindet:

$$y_0^2 + y_2^2 = r^2. \quad \text{B)}$$

Substituiren wir aber y_2 durch die in (A) gegebenen Grösse, so ist

$$y_0^2 + \frac{(y_0^2 \cos^2\alpha - 2 y_0 y_1 \cos\alpha + y_1^2)}{\sin^2\alpha} = r^2$$

* S. diese Zeitschrift **20**, 32 ff.

**) Grundformeln der analyt. Geom. (russisch). S. 34.

oder $$y_0^2 - 2\, y_0 y_1 \cos\alpha + y_1^2 = r^2 \sin^2\alpha. \tag{C}$$

Um die Formel geometrisch zu interpretiren, nehmen wir auf dem Kreise einen beliebigen Punkt A und ziehen durch denselben die senkrechten Geraden AB_0 auf Oy_0 und AB_1 auf Oy_1. Jetzt sind die Linienelemente OB_0 und OB_1 die Coordinaten des Punktes A, entsprechen also den Grössen y_0 und y_1 in der Gleichung (C); daraus schliessen wir weiter, dass der erste Theil dieser Gleichung nichts Anderes ausdrückt, als das Quadrat der dritten Seite B_0B_1 des Dreiecks OB_0B_1.

Ziehen wir durch den Punkt C eine zu Oy_0 senkrechte Grade CD, so ist leicht einzusehen, das $CD = r \sin\alpha$, also auch $B_0B_1 = CD$.

Mit anderen Worten: Ziehen wir aus einem beliebigen Punkte A eines Kreises die Perpendikel AB_0 und AB_1 auf zwei constante Radien, so hat das die Fusspunkte dieser Perpendikel verbindende Linienelement B_0B_1 constante Grösse, und zwar ist es gleich dem Producte des Kreisradius mit dem Sinus des Winkels zwischen beiden Radien.

Ebenso umgekehrt: Lassen wir ein Linienelement B_0B_1 sich auf solche Weise bewegen, dass seine Endpunkte sich auf zwei Radien befinden, so ist der geometrische Ort der Durchschnittspunkte der zu diesen Radien in den Endpunkten senkrechten Geraden (also der geometrische Ort der Momentancentra dieser Bewegung) ein Kreisbogen*).

Wir können diese merkwürdige Eigenschaft des Kreises derart benutzen, um mit Hülfe der beiden Radien DE und KH (Fig. 11) beliebig viele neue Punkte zu erhalten, indem wir ein Linienelement BJ ($= KL$) zwischen diesen Geraden sich bewegen lassen und in den Endpunkten desselben immer die Perpendikel ziehen, welche sich in den gesuchten Kreispunkten durchschneiden, wie es in der Fig. 11 dargethan ist.

Ist das beschriebene Lineal nicht zur Hand, so wäre bei dem Zeichnen eines flachen Bogens die Aufsuchung einer grossen Anzahl von Punkten nöthig. In der krystallographischen Literatur ist diese Aufgabe schon einmal von Websky**) behandelt worden. Dieser Gelehrte hat eine sehr grosse Genauigkeit in Aussicht genommen und bestimmte die Punkte durch Rechnungen, nicht durch Construction.

Steht aber nicht die Genauigkeit im Vordergrunde, wie es überhaupt bei graphischen Rechnungen der Fall ist, so hätte sich die nachstehende

---

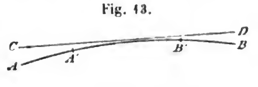
*) Dieses Theorem ist als eine Verallgemeinerung des wohlbekannten Theorems der theoretischen Mechanik zu betrachten (s. z. B. Theorie der Bewegung und der Kräfte von Dr. Schell, S. 36).

) Mittheilungen aus den Sitzungsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1886, Heft 1. Ref. in dieser Zeitschr. **14, 77.

Construction anwenden lassen, welcher folgendes, den Mathematikern sehr gut bekannte Princip zu Grunde liegt:

Betrachten wir eine Curve AB (Fig. 13). Ein sehr kleiner Bogen derselben lässt sich als ein Kreisbogen auffassen; der dabei begangene Fehler wird um so unbeträchtlicher, je kleiner der Bogen $A'B'$ ist. Der Kreisbogen, welcher dieselbe Tangente CD mit der Curve und denselben Krümmungsradius in dem Berührungspunkte hat, ist der Curve in solchem Grade angenähert, dass er mit ihr die Berührung zweiter Ordnung hat *).

Fig. 13.

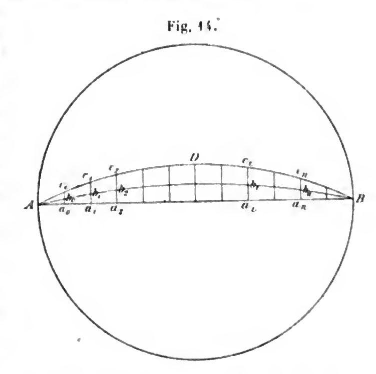


Mit Hülfe dieses Princips wird folgende Auflösung der in Betracht kommenden Aufgaben unmittelbar verständlich.

1. Aufgabe. Einen sehr flachen Kreisbogen durch die Endpunkte A und B eines Diameters und durch den Punkt b_i zu ziehen.

Wir ziehen zuerst einen beliebigen, aber möglichst flachen, durch die Punkte A und B hindurchgehenden Kreisbogen ADB (Fig. 14), und dann eine Reihe zu AB senkrechter Geraden $a_0 b_0$, $a_1 b_1$ ... $a_n b_n$. An einer von diesen Geraden $a_i b_i$ finden wir das Verhältniss $\frac{c_i a_i}{b_i a_i}$, und auf allen anderen Geraden ergeben sich die Punkte $b_0, b_1, \ldots b_n$, welche der Proportionalität $\frac{c_0 a_0}{b_0 a_0} = \frac{c_1 a_1}{b_1 a_1} = \frac{c_n a_n}{b_n a_n}$ genügen.

Fig. 14.



Der durch die Punkte A, $b_0, b_1 \ldots b_n$, B gehende, sehr flache Ellipsenbogen **) lässt sich mit genügender Strenge als ein Kreisbogen ansehen.

Die Construction ist mit Hülfe des Proportionalzirkels sehr bequem und rasch auszuführen.

Ich will den so construirten Bogen einen genäherten Kreisbogen nennen.

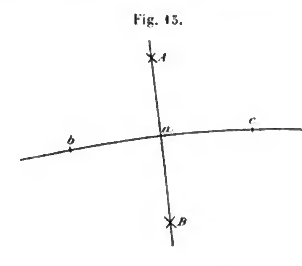
*) Zufolge der bekannten Theorie der Berührung der Curven, welche wir Lagrange verdanken.

**) S. Dritte analytisch-krystallographische Studie § 3, wo dies analytisch bewiesen wird.

2. Aufgabe. Auf einen genäherten Kreisbogen in einem gegebenem Punkte a die Normale zu ziehen.

Infolge des Umstandes, dass der genäherte Kreisbogen dem wirklichen sehr nahe steht, ist folgende, allgemein bekannte Construction anzuwenden (Fig. 15):

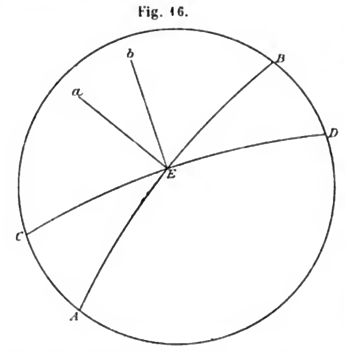
Fig. 15.



Auf dem Bogen nehmen wir die gleichen Theile $ac = ab$ und ziehen dann aus den Punkten b und c als Centren die sich in den Punkten A und B schneidenden Kreisbögen von einem und demselben Durchmesser. Die Gerade AB ist die gesuchte Normale.

3. Aufgabe. Den Winkel zwischen zwei genäherten Zonenkreisen zu finden.

Fig. 16.



Es seien (Fig. 16) AB und CD zwei gegebene genäherte Kreisbögen, E ihr Durchschnittspunkt.

Ziehen wir durch den Punkt E zwei Normalen Ea und Eb (zu AB und zu CD), so ist der Winkel aEb der gesuchte*).

§ 14. Nachdem wir durch die Frage der Construction der flachen Kreisbögen von unserem directen Wege abgekommen sind, wollen wir jetzt die Aufgabe der zu den genauesten graphischen Rechnungen dienenden Operationen weiter verfolgen.

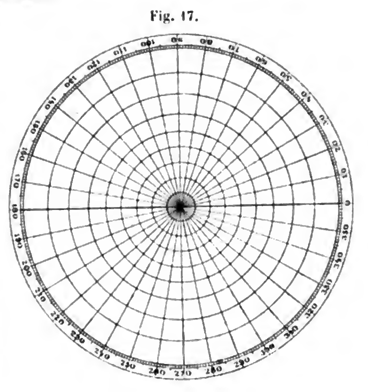
Als eine der Hauptbedingungen für die Genauigkeit ist die genügende Grösse der Zeichnungen zu nennen. Infolgedessen benutze ich Projectionen, deren Kreisdurchmesser 20 cm beträgt. Da aber die graphische Darstellung eines Punktes, wenn seine Coordinaten gegeben sind, bei gewöhnlicher Behandlungsweise etwas umständlich ist, so ziehe ich vor,

*) Vorliegende Aufgabe habe ich schon in dieser Zeitschrift **20**, 357 ff. behandelt.

dafür mich im voraus vorbereiteter Netze zu bedienen (in Fig. 17 u. 18 verkleinert dargestellt). Bei gehöriger Sorgfalt kann man dabei die Fehlergrösse $\frac{1}{2}^0$—1^0 nicht überschreiten.

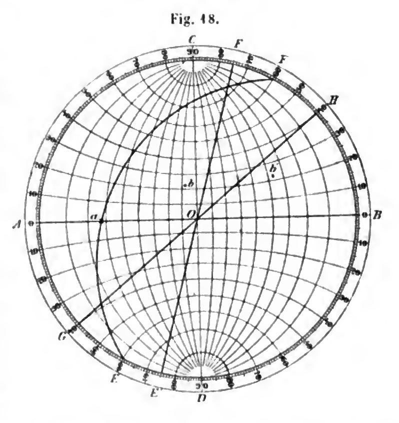
Als zweite Hauptbedingung kann die Einfachheit der graphischen Operationen gelten. Dies ist die Ursache, warum ich hier dasjenige System der graphischen Rechnungen reproduciren will, welches schon vor sechs Jahren von mir publicirt worden ist*).

Fig. 17.



Die grösste Einfachheit ergiebt sich nämlich durch das Herbeiziehen sämmtlicher Projectionsarten auf einer und derselben Zeichnung und Benutzung der einen oder der anderen von denselben je nach der Aufgabe.

Fig. 18.



Die stereographischen Projectionen behaupten unter allen anderen den wichtigen Vorzug, dass gerade durch sie die Mittel gegeben werden, am einfachsten die Winkelgrössen zu bestimmen; und zwar sind die Winkel zwischen den diesen Projectionen angehörenden Kreisbögen unmittelbar angegeben; die Winkel aber zwischen den durch Punkte angegebenen Gebilden lassen sich durch einfache Construction ermitteln. Der Mangel dieser Projectionen besteht darin, dass sie keine directe Angabe der Flächen- (resp. der Kanten-) Symbole zulassen.

*) Vierte analytisch-krystallographische Studie (s. Anhang).

Gerade im Gegentheil lassen die *gnomonische* und die *Linearprojection* die Symbole leicht bestimmen auf directe oder indirecte Weise (mit Hülfe einfacher Construction); sie enthalten aber keine directe Angabe der zugehörigen Winkel; manchmal (man kann sogar sagen überhaupt) ist die Bestimmung der Winkel recht complicirt. Dabei zeigt die gnomonische Projection denselben Vorzug bei der Darstellung der Flächen wie die Linearprojection bei der Darstellung der Kanten (Zonen).

Unter den stereographischen Projectionen unterscheide ich zweierlei: a) die *gnomostereographische* Projection, welche man gewöhnlich bei der Darstellung eines krystallographischen Flächenbüschels anwendet; sie lässt die Flächen durch Punkte (und Kanten durch Gerade) darstellen, und b) die *grammastereographische* Projection, welche durch Punkte die Kanten (die Geraden überhaupt) darstellt; man benutzt jetzt diese Projection bei der Darstellung der Axen des optischen Ellipsoides und dgl.

Die erste Projectionsart verhält sich zur zweiten wie die gnomonische Projection zur Linearprojection. Wie die Kreisbogenmittelpunkte der gewöhnlichen, gnomostereographischen Projection die Linearprojection der entsprechenden Kanten (Zonenaxen) darstellen, so sind die Mittelpunkte der Grosskreise der grammastereographischen Projection die gnomonischen Projectionen der entsprechenden Flächen.

Also steht die gewöhnliche, gnomostereographische Projection in besonders einfacher Relation zur Linearprojection, die grammastereographische zur gnomonischen.

§ 15. Es ist bekannt*), dass die Coordinaten einer Kante den Coordinaten der dieser Kante zugehörigen Punkte proportional sind; mit anderen Worten: die Kanten sind die Diagonalen der Parallelepipede, deren Kanten der Richtung nach die krystallographischen Axen und der Grösse nach die Coordinaten der Kanten sind. Nun besteht aber zwischen den Coordinaten und dem Symbol einer Kante eine sehr einfache Relation, und zwar sind die Indices des Symbols diesen, in Axeneinheiten ausgedrückten Coordinaten direct proportional.

Fig. 19.

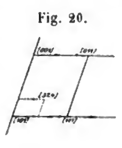
Bezeichnen wir die Axeneinheiten durch $(c_1 c_2 c_3)$, so ist die Construction einer Kante $[r_1 r_2 r_3]$ geschehen, wenn man auf den krystallographischen Axen Grössen $c_1 r_1$, $c_2 r_2$ und $c_3 r_3$ nimmt und darauf das Parallelepipedon construirt (Fig. 19); seine Diagonale r ist die gesuchte Kante.

Nehmen wir jetzt eine den krystallographischen Axen, z. B. den Axen x_0 und x_1 parallele Ebene zur Projectionsebene in dem Abstande c_2 vom Anfangspunkte in der Richtung der Axe x_2,

*) S. z. B. Liebisch, Geometr. Krystall. § 4. Auch E. v. Fedorow, Zweite analyt.-kryst. Studie, Kap. II, Form. 3.

geben wir ausserdem dem Symbole die Form $(r_1'r_2'1)$, so hat das Verhältniss $c_1r_1' : c_2r_2' : c_3$ das constante letzte Glied, und die Construction des Parallelepipeds vereinfacht sich zu der eines Parallelogramms. Sind z. B. in der Linearprojection die den Kanten [001], [101], [011] entsprechenden Punkte gegeben (Fig. 20), so finden wir den der Kante [324] entsprechenden Punkt dadurch, dass wir zuerst dem Symbol die Form $[\frac{3}{4}\ \frac{1}{2}\ 1]$ geben und dann die den zwei ersten Indices proportionalen Linienelemente zu Seiten eines Parallelogramms nehmen; der dem Punkte [001] entgegengesetzte Eckpunkt ist dann die gesuchte Projection.

Fig. 20.



Die vollständige Analogie existirt auch in dem Aufsuchen der gnomonischen Projectionen einer gegebenen Fläche. Nur muss dann die auf eine krystallographische Axe senkrechte Ebene zur Projectionsebene gewählt werden, so dass, wenn z. B. die Punkte [001], [101] und [011] der Fig. 20 nicht mehr Projectionen der Kanten, sondern der Flächen bedeuten und dabei die Projectionsebene zur Axe [001] senkrecht ist, uns dieselbe Construction die gnomonische Projection der Fläche (324) giebt.

Zieht man noch in Betracht, dass nur in einem Punkte — der gnomonischen Projection einer Fläche oder der Linearprojection einer Kante — die Zirkelspitze einzusetzen und die entsprechenden Grosskreisbögen — die stereographischen Projectionen derselben Gebilde — zu ziehen sind, und erinnert sich, dass die durch die letzteren bestimmten Winkel die gesuchten Winkel zwischen diesen Gebilden sind, so wird es leicht verständlich, in wie hohem Grade die graphische Berechnung sich durch die Ausführung aller Projectionen auf einer und derselben Zeichnung vereinfacht.

§ 16. Ein Mangel solcher Vereinigung der verschiedenen Projectionen besteht darin, dass für verschiedene Projectionen auch verschiedene Projectionsebenen am einfachsten gewählt werden müssen. Doch spielt auch dieser Mangel keine Rolle, weil es sehr einfach ist, wie gleich gezeigt werden soll, den Uebergang von einer Projectionsart zur anderen auszuführen.

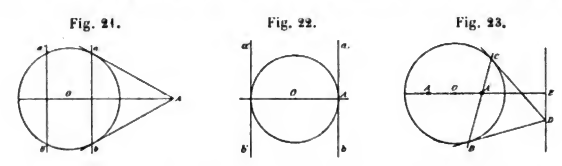
In der That ist für das tesserale System jede von den drei zu den Axen senkrechten Ebenen gleich gut zu nehmen; für sämmtliche gilt die oben angegebene einfache Construction. Verfahren wir aber mit projectiven Symbolen, so bleibt die Construction wesentlich dieselbe auch für andere Systeme. Nun aber ist im Falle des tesseralen Systems die Linearprojection einer Fläche die Polare der gnomonischen Projection derselben Fläche in Bezug auf den imaginären Kreis der Projectivität; und auch umgekehrt ist die Linearprojection einer Kante der Pol der gnomonischen Projection derselben Kante in Bezug auf denselben Kreis. Dieselbe einfache Relation

haben wir auch für alle anderen Systeme, wenn wir nur den imaginären *) Kreis richtig bestimmen.

Ist der Punkt A (Fig. 21) die Linearprojection einer Kante, so lässt sich die gnomonische Projection derselben Kante durch folgende Construction auffinden. Man zieht durch A zwei Tangenten zum imaginären Kreise der Projectivität (er ist derselbe, welcher zum Kreis der stereographischen Projection dient), verbindet die Berührungspunkte a und b durch eine Gerade und zieht dann eine andere ihr parallel entgegengesetzte Gerade $a'b'$ (d. h. deren Abstand vom Mittelpunkte von der anderen Seite derselbe ist, wie der der Geraden $a\,b$), welche die gesuchte Polare und auch die gnomonische Projection derselben Kante ist.

In der gleichen Weise finden wir die Linearprojection $a'b'$ einer Fläche, wenn deren gnomonische Projection der Punkt A ist.

Befindet sich der Punkt auf dem Kreise selbst, so ist seine Polare die an dem ihm entgegengesetzten Punkte gezogene parallele Tangente (Fig. 22).


Fig. 21. Fig. 22. Fig. 23.

Wenn endlich der gegebene Punkt A sich innerhalb des Kreises befindet (Fig. 23), so suchen wir zuerst den ihm entgegengesetzten Punkt A', ziehen durch denselben eine Chorde BC und durch deren Endpunkte B und C die Tangenten, vom Durchschnittspunkte D dieser Tangenten legen wir noch das Perpendikel zu der Geraden AA'. Dieses Perpendikel DE ist die gesuchte Polare.

Daraus ist leicht auch die entgegengesetzte Construction der Pole, wenn die Polaren gegeben sind, auszuführen.

§ 17. In Uebereinstimmung mit dem von mir benutzten Typus der Gleichungen der Projectivität **) verfahre ich bei der Ausführung der Projectionen wie folgt:

Zur Projectionsebene nehme ich die zur Axe x_2 senkrechte. Durch diese Wahl wird der Vortheil erreicht, dass die gnomonischen Projectionen

*) Wie sich die Constructionen mit Hülfe des imaginären Kreises der Projectivität vollziehen lassen, ist in der ersten anal.-kryst. Studie § 13 ausführlich erklärt worden.

**) Diese Gleichungen als solche der neueren Geometrie wurden in der ersten analytisch-krystallographischen Studie aufgestellt und in der dritten ausführlich untersucht. Ihre Anwendung auf die krystallographischen Berechnungen bildet aber wesentlich den Inhalt der vierten Studie. S. Anhang.

der Flächen sich am einfachsten ermitteln lassen, und gerade mit den Krystall**flächen** hat der praktische Krystallograph es vorzugsweise zu thun.

Um aber in der Zeichnung keine Zweideutigkeit aufkommen zu lassen, sind streng die entgegengesetzten Richtungen zu unterscheiden, d. h. die Gebilde, welchen das Symbol $(p_0\, p_1\, p_2)$ angehört, von den Gebilden, welche durch das Symbol $(\bar{p}_0\bar{p}_1\bar{p}_2)$ charakterisirt sind.

Wie bekannt wurden verschiedene künstliche Verfahren vorgeschlagen (z. B. von **Marbach**), diesen Unterschied in der Zeichnung auszudrücken. Diese Verfahren scheinen mir aber überflüssig, sogar irrationell, weil sie die Klarheit der Zeichnung schädigen.

Der Zweck ist naturgemässer in folgender Weise zu erreichen: Neben dem Punkte, welcher als Projection des gegebenen Gebildes dient, stellt man das dem Gebilde wirklich zugehörige Symbol (und nicht das entgegengesetzte).

Will man angeben, dass in dem gegebenen Krystall nur das Gebilde vorhanden sei, welchem das entgegengesetzte Symbol zugehört, so ist nur dem Symbol das Vorzeichen — hinzuzufügen, und dieses Vorzeichen giebt zugleich an, dass die Indices durch die entgegengesetzten zu ersetzen sind und dass auch die Richtung entgegengesetzt zu der durch die Zeichnung angegebenen anzunehmen ist.

Wenn das Gebilde in der Zeichnung durch eine Gerade angegeben wird, so sind auch hier die beiden Seiten als entgegengesetzte, welchen auch die entgegengesetzten Symbole angehören, zu unterscheiden.

Um dies an einem Beispiele deutlich zu machen, erlaube ich mir, das Folgende zu erwähnen (Fig. 24).

Fig. 24.

Es seien in der Projection zwei Punkte angegeben, welchen die Symbole (101) und $(1\bar{1}1)$ angehören. Um das Symbol zu ermitteln, welches der durch die beiden Punkte hindurchgehenden Geraden entspricht, verfahren wir wie gewöhnlich:

$$\begin{array}{cccccc} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & \quad (a) \\ & \times & \times & \times & & \\ 1 & \bar{1} & 1 & 1 & \bar{1} & \quad (b) \end{array}$$

und erhalten das Symbol $(10\bar{1})$.

Es möge das Symbol (a) das obere und das Symbol (b) das untere genannt werden. Stellen wir uns den Beobachter in solcher Lage vor, dass seine Füsse sich in dem Projectionsmittelpunkte*) befinden und sein Gesicht derjenigen Fläche zugewendet ist, welche in der Projection durch das gegebene Symbol ausgedrückt ist. Dann sieht er diejenige Gerade, welcher das obere Symbol angehört, rechts, und diejenige, welcher das untere ent-

*) D. h. im Mittelpunkte des zu projicirenden Büschels.

spricht, links. Also gehört jetzt das Symbol $(10\bar{1})$ derjenigen Seite der Geraden an, in deren Richtung der soebenangegebenen Regel gemäss wir den Punkt (101) rechts und den Punkt $(1\bar{1}1)$ links sehen. Der entgegengesetzten Richtung wird auch das entgegengesetzte Symbol $(\bar{1}01)$ entsprechen.

Wenn es nicht nöthig ist, die Abwesenheit einer von zwei parallelen Flächen hervorzuheben, wie es bei der graphischen Krystallberechnung der Fall ist, so genügt es, das Symbol nur von einer Seite der entsprechenden Geraden aufzustellen (jedenfalls aber von der zugehörigen) oder es vollständig wegzulassen, weil die neben den Punkten stehenden Symbole auch die den Geraden entsprechenden unzweideutig bestimmen.

Alles zusammenfassend kommen wir zu folgendem Verfahren der Darstellung der Beobachtungsresultate:

Ziehen wir zwei zu einander senkrechte Geraden, nehmen den Schnittpunkt als Mittelpunkt der Projection und ziehen noch einen Kreis (s. die Tafeln XII und XIII) um diesen, so entsprechen die positiven (auf dem Kreise liegenden) Endpunkte der beiden Geraden (Axen) den Flächen, denen die projectiven Symbole (101) und (011) angehören. Dann berechnen*) wir aus den Gleichungen der Projectivität die Grössen der projectiven Symbole der Flächen (001), (101) und (011).

Nun sind die durch die Projectionen der Flächen (101) und (011) hindurchgehenden Geraden die Axen der gnomonischen Projection, und dies giebt uns die Möglichkeit, den oben angegebenen Regeln zufolge leicht die gnomonischen Projectionen sämmtlicher anderer Flächen zu finden. Der Deutlichkeit wegen zeichne ich stets das durch die Punkte (001), (011), (101) und (111) bestimmte Parallelogramm.

Die grammastereographische Projection der Fläche (001) finden wir leicht, indem wir die Zirkelspitze in den der gnomonischen Projection dieser Fläche entsprechenden Punkt einsetzen und den dazu gehörigen Grosskreisbogen ziehen, welcher die gesuchte Projection ist. Die grammastereographischen Projectionen der Flächen (010) und (100) sind die zu den Axen der gnomonischen Projection senkrechten Diameter. Die Axen der gnomonischen Projectionen drücken die Kanten (Zonenaxen) [100] und [010] aus. Indem wir sie als Polaren annehmen und die entsprechenden Pole aufsuchen (der Projectionskreis muss dabei als imaginärer Kreis der Projectivität angenommen werden), welche die Linearprojectionen derselben Kanten sind, so können wir daraus zur gnomostereographischen Projection derselben übergehen. Die Linearprojection der Kante [001] (Verticalaxe) wird bei dem von mir angenommenen Typus der Darstellung durch den Mittelpunkt des Projectionskreises selbst ausgedrückt; folglich dient der Kreis selbst zur gnomostereographischen Projection derselben Kante.

---

*) Der Kreisradius der Projection muss als Einheit angenommen werden.

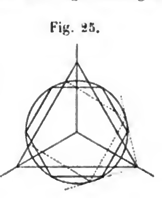
Auf diese Weise erhalten wir in der Zeichnung Alles, was zur graphischen Krystallberechnung nöthig ist.

Soll die gnomonische Projection einer Kante $[r_0 r_1 1]$ gefunden werden, so suchen wir zuerst die entsprechenden Projectionen der Flächen, welche diesen Kanten und den Projectionsaxen, also den Kanten [100] und [010] zugleich parallel sind; dies sind die Flächen $(0 . -1/r_1 . 1)$ und $(-1/r_0 . 0 . 1)$. Die durch die entsprechenden Projectionen hindurchgehende Gerade ist die gesuchte Projection.

§ 18. Für das hexagonale System ist das Verfahren ein ganz anderes. Hier wähle ich zur Projectionsfläche die Fläche (111) oder die zur Axe [111] senkrechte Fläche.

Zuerst führe ich die Construction so aus, als ob ein tesseraler Krystall vorläge, d. h. ich ziehe den Kreis (Fig. 25), schreibe ihm ein regelmässiges Sechseck ein und suche dann das Quadrat, welches dem Kreis eingeschrieben und von welchem ein Seitenpaar dem des Sechsecks parallel ist. Durch zwei benachbarte Eckpunkte dieses Quadrates ziehe ich die Tangenten und nehme den Durchschnittspunkt der letzteren als Projection einer der krystallographischen Axen. Ist ein solcher Punkt gefunden, so ergeben sich leicht auch die beiden anderen, da dieselben mit dem ersten ein gleichseitiges Dreieck bilden; die Seiten dieses Dreiecks sind die Linearprojectionen der Würfelflächen und zugleich die gnomonischen Projectionen der Hauptaxen.

Fig. 25.



Ist der Coefficient m der Streckung*) in der Richtung der Axe [111] bekannt (man erhält diese Grösse bei der Berechnung der geometrischen Constanten, s. S. 635), so sind mittelst einer sehr einfachen Construction, von welcher ich absehe, auch die Linear- und gnomonischen Projectionen des gegebenen Krystalls zu finden.

Nun findet man die Projectionen einer Fläche oder Kante, deren Symbole gegeben sind, nicht mittelst der Construction eines Parallelogramms, sondern eines Parallelepipeds. Für das tesserale System muss als Einheit die Entfernung der Axenprojectionen vom Mittelpunkte dienen. Für einen hexagonalen Krystall dient als Einheit für die gnomonischen Projectionen die Entfernung der gnomonischen Projectionen der Flächen (100), (010) und (001) vom Mittelpunkte und für die Linearprojectionen die Entfernung der Linearprojectionen der Axen [100], [010] und [001] von demselben Mittelpunkte.

Ist also die Projection der Fläche $(p_0 p_1 p_2)$ gesucht, so müssen wir auf den Axen die Längen

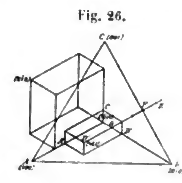
*) Das Verhältniss der durch Dilatation oder Compression entstandenen Länge zur ursprünglichen.

$$\frac{p_0}{p_0 + p_1 + p_2}, \quad \frac{p_1}{p_0 + p_1 + p_2}, \quad \frac{p_2}{p_0 + p_1 + p_2}$$

auftragen und dieselben als Kantenlängen eines Parallelepipeds nehmen. Der in Bezug auf den Mittelpunkt entgegengesetzte Eckpunkt dieses Parallelepipeds ist die gesuchte Projection (gnomostereographische Projection der Fläche oder Linearprojection der Kante).

Ist $p_0 + p_1 + p_2 = 0$, so sind die Projectionspunkte unendlich entfernt. In diesem Falle sind die projectiven Symbole mit den gewöhnlichen identisch, wie dies auch unmittelbar aus den Projectivitätsgleichungen zu ersehen ist; diese Projectionen beziehen sich auf die Prismenflächen oder die dem Pinakoid parallelen Kanten.

Fig. 26.



Der Uebersichtlichkeit wegen ist in der Fig. 26 die zur Auffindung der Kanten [421] und [2$\bar{1}$2] dienende Construction angegeben.

Ist umgekehrt das Symbol eines gegebenen Punktes D' gesucht, so ziehen wir $D'E = OA = 1$. Diese Länge muss der Gesammtlänge der drei Parallelepipedkanten gleich sein. Vom Punkte E aus in entgegengesetzter Richtung tragen wir $EF = OG$ auf und dann theilen wir die Länge FG in drei gleiche Linienelemente; der nächste Theilungspunkt ist ein gesuchter Eckpunkt des Parallelepipeds. Die letztere Figur ist jetzt bekannt, also auch die Relation ihrer Kantenlängen d. h. das gesuchte Symbol.

§ 19. Zum Schluss will ich Einiges noch über die einfache Auflösung einer Aufgabe sagen, welche besonders bei krystall-optischen Untersuchungen von Nutzen ist; ich meine die Transformation der Projectionsfläche.

Zu diesem Zwecke habe ich auf durchsichtigem Papiere die oben erwähnten Projectionsnetze drucken lassen und will nun zeigen, wie sich mit ihrer Hülfe die Aufgaben auflösen lassen.

Erste Aufgabe. Die Projectionsebene ist derart zu transformiren, dass der Pol a die Lage O des Centrums annimmt. Gesucht die neue Lage des Poles b (Fig. 18 S., 623).

In diesem Falle ist die Transformation so aufzufassen, als ob das System mit den Punkten a und b um den zur Geraden aO senkrechten Durchmesser CD als Axe gedreht wird.

Man legt dabei die auf dem durchsichtigen Papiere gedruckte Projection auf die gegebene derart, dass die (gleichen) Projectionskreise und zugleich der Durchmesser AB mit der Geraden aO zusammenfallen.

Dann liest man auf der Projection unmittelbar ab, um wie viel Grade das System gedreht ist. Die Ablesung geschieht fast bis auf ½ Grad genau, und dies genügt für die meisten Anwendungen der graphischen Rechnungen.

Weiss man jetzt diesen Winkel, so ist es leicht, auch die neue Lage b'

des Punktes b ebenso wie die jedes anderen aufzufinden, indem man die Richtung des durch b hindurchgehenden Kleinkreises der Projection in Gedanken verfolgt und die gefundene Grösse des Winkels in dieser Richtung aufträgt.

2. Aufgabe. Gegeben ein Pol a und ein durch denselben hindurchgehender Zonenkreis EF. Die Projection ist so zu transformiren, dass a die Lage des Centrums O annimmt, und der Zonenkreis EF die Lage GH (Fig. 18 S. 623).

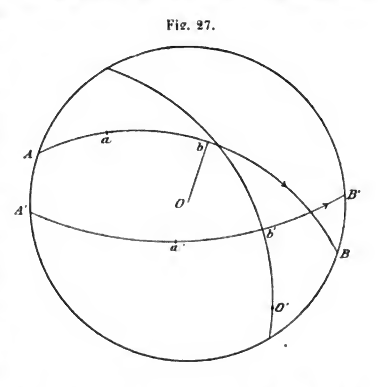
Man ziehe die Gerade aO und suche, wie in der vorigen Aufgabe, die Lage eines dem Bogen EaF angehörigen Punktes, so finden wir die Gerade $E'F'$.

Jetzt bleibt nur übrig, die Projection um den Punkt O zu drehen, bis die Gerade $E'F'$ mit der Geraden GH zusammenfällt, also um den Winkel $F'OH$, was besonders leicht mit Hülfe der auf durchsichtigem Papiere gedruckten Projection Fig. 17 sich vollziehen lässt.

Nun ist es leicht, zu der Aufgabe dieser Art in der allgemeinsten Form überzugehen, und zwar:

3. Aufgabe. Die Transformation der stereographischen Projection soll derart ausgeführt werden, dass dem Pole a' die neue Lage a, und dem durch a' hindurchgehenden Zonenkreise $A'B'$ die Lage AB zukommt (dabei darf man die Richtung in dem Zonenkreise nicht ausser Acht lassen; diese Richtungen sind durch Pfeile angegeben) (Fig. 27).

Fig. 27.



Wir ziehen durch das Centrum O den zum Zonenkreise AB senkrechten Zonenkreis (Gerade) Ob, messen den Winkel ab und finden auf dem Bogen $A'B'$ den Punkt b' (in gehöriger Richtung) dadurch, dass die Grösse des Bogens $a'b'$ der des Bogens ab gleich ist; endlich ziehen wir durch den Punkt b' den zu $A'B'$ senkrechten Kreisbogen $b'O'$ und finden den Punkt O' dadurch, dass $b'O$ gleich bO ist.

Dem Punkte O' entspricht jetzt das Centrum und dem Kreisbogen $b'O'$ derjenige bO; die Aufgabe ist also auf die vorige zurückgeführt worden.

IV. Krystallographische Berechnungen.

§ 20. In der vierten analytisch-krystallographischen Studie*) wurde von mir ausführlich ein neues System der krystallographischen Berechnungen entwickelt, welches auf den projectiven Eigenschaften der Krystalle beruht. Demgemäss wurde der Begriff des »projectiven Symbols« entwickelt, dessen Indices im Allgemeinen irrational und durch lineare Gleichungen mit denen der gewöhnlichen Symbole verbunden sind. Durch die Einführung dieser Symbole wurde die Möglichkeit geboten, die Winkelberechnungen mittelst sehr einfacher Formeln auszuführen, welche sich auf das tesserale System beziehen.

Natürlich ist ein solches Verfahren bei verschiedenartigen Beobachtungsarten anwendbar, jetzt aber so zu modificiren, dass es in Einklang mit den neueren Beobachtungsdaten und überhaupt mit der neuen Methode kommt. Hierzu muss Einiges davon als überflüssig weggelassen und Anderes neu eingeführt werden. In Folge dessen beschränke ich mich hier nur auf diejenigen Aufgaben der Krystallberechnung, bei welchen Neues in den Formeln aufgestellt werden muss; betreffs der Lösung der Aufgaben anderer Art erlaube ich mir auf die eben erwähnte Arbeit zu verweisen.

Zu den nun vorliegenden Aufgaben gehören die complicirtesten der Bestimmung des Symbols einer Fläche, wenn zwei Winkel gegeben sind, welche sie mit zwei anderen bildet.

Auch die Aufgabe der Bestimmung der Elemente (oder geometrischen Constanten) der Krystalle auf Grund der directen Beobachtungen vereinfacht sich in hohem Grade.

Besonders aber entfaltet die schöne Methode der zonalen Berechnungen ihre eigentliche Wichtigkeit.

Dabei will ich nacheinander die Aufgaben betrachten, wie aus den Beobachtungszahlen das projective Symbol bestimmt wird, wie sich daraus die Berechnung der gewöhnlichen Symbole ausführen lässt und wie endlich die Elemente des Krystalls, d. h. die Coëfficienten der Gleichungen der Projectivität, sich ermitteln lassen.

Den Krystall werde ich nach der Zone [001] orientirt denken**) und dabei soll als Anfangsfläche die Fläche (100) dienen. Diese beiden Grundhypothesen hängen eng mit der Anwendung der Gleichungen des von mir angenommenen Typus zusammen. Sie genügen vollständig, die Orientirung eindeutig und bestimmt zu charakterisiren; ebenso bestimmt wird jetzt

*) Bergjournal 1887 (russisch). S. Anhang.

**) Ausser dem Fall des hexagonalen Systems, für welches stets von mir eine andere Orientirung benutzt wird.

auch die Aufgabe der Berechnung der projectiven Symbole nach den durch Beobachtung gegebenen Zahlen.

Zuerst will ich aber bemerken, dass der (im Allgemeinen irrationalen) zur Fläche (100) senkrechten Geraden, als eine Kante angenommen, das projective Symbol [100] angehört, ebenso wie der zur Kante [001] senkrechten (ebenso irrationalen) Fläche das projective Symbol (001) entspricht (wie überhaupt eine Fläche und eine ihr senkrechte Gerade, als eine Kante angenommen, ein und dasselbe Symbol besitzen). In denjenigen Fällen aber, in welchen diese Fläche an dem Krystall wirklich vorhanden ist, muss ihr Reflex mit Genauigkeit zur Coincidenz (richtiger zum Parallelismus) mit den Richtungen des Fernrohrs und der horizontalen Axe gelangen, also mit der Nullrichtung des horizontalen Nonius (die dem verticalen Limbus angehörende Zahl bleibt dabei unbestimmt).

Um die einfache Relation, welche zwischen den gewöhnlichen und den projectiven Symbolen existirt, deutlich anzugeben, will ich zugleich die Gleichungen der Projectivität aufstellen, welche diese Relation ausdrücken.

Es seien $(p_0 p_1 p_2)$ die Indices des Symbols einer Fläche und $(r_0 r_1 r_2)$ die einer Kante; die projectiven Symbole will ich durch Accente unterscheiden. Dann haben wir a) für das trikline Subsystem:

$$p_0' : p_1' : p_2' = (a_1 p_0 + a_2 p_1 + p_3 p_2) : (a_4 p_1 + a_5 p_2) : p_2 = (b_2 b_5 p_0 - b_1 b_5 p_1 + (b_1 b_4 - b_2 b_3) p_2) : (b_5 p_1 - b_4 p_2) : b_2 p_2 \qquad (1)$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 : (b_1 r_0 + b_2 r_1) : (b_3 r_0 + b_4 r_1 + b_5 r_2) = a_4 r_0 : (-a_2 r_0 + a_1 r_1) : ((a_2 a_5 - a_3 a_4) r_0 - a_1 a_5 r_1 + a_1 a_4 r_2) \qquad (2)$$

und ebenso umgekehrt

$$p_0 : p_1 : p_2 = (a_4 p_0' - a_2 p_1' + (a_2 a_5 - a_3 a_4) p_2') : (a_1 p_1' - a_1 a_5 p_2') : a_1 a_4 p_2' = (p_0' + b_1 p_1' + b_3 p_2') : (b_2 p_1' + b_4 p_2') : b_5 p_2' \qquad (3)$$

und

$$r_0 : r_1 : r_2 = b_2 b_5 r_0' : (-b_1 b_5 r_0' + b_5 r_1') : ((b_1 b_4 - b_2 b_3) r_0' - b_4 r_1' + b_2 r_2') = a_1 r_0' : (a_2 r_0' + a_4 r_1') : (a_3 r_0' + a_5 r_1' + r_2') . \qquad (4)$$

Durch diese Gleichungen sind auch die zwischen den Coëfficienten a und b existirenden Relationen ausgedrückt.

b) Für das monokline Subsystem haben wir:

$$p_0' : p_1' : p_2' = (a_1 p_0 + a_3 p_2) : a_4 p_1 : p_2 = (b_2 b_5 p_0 - b_2 b_3 p_2) : b_5 p_1 : b_2 p_2 \qquad (5)$$

und

$$\frac{r_0'}{r_1'} = \frac{r_0}{b_2 r_1} = \frac{a_4 r_0}{a_1 r_1}$$
$$\frac{r_1'}{r_2'} = \frac{b_2 r_1}{b_3 r_0 + b_5 r_2} = \frac{a_1 r_1}{- a_3 a_4 r_0 + a_1 a_4 r_2} \quad (6)$$

und umgekehrt

$$\frac{p_0}{p_1} = \frac{a_4 p_0' - a_3 a_4 p_2'}{a_1 p_1'} = \frac{p_0' + b_3 p_2'}{b_2 p_1'}$$
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{a_1 p_1'}{a_1 a_4 p_2'} = \frac{b_2 p_1'}{b_5 p_2'} \quad (7)$$

und

$$\frac{r_0}{r_1} = \frac{b_2 b_5 r_0'}{b_5 r_1'} = \frac{a_4 r_0'}{a_1 r_1'}$$
$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{b_5 r_1'}{b_2 b_3 r_0' + b_2 r_2'} = \frac{a_1 r_1'}{a_3 r_0' + r_2'}\,. \quad (8)$$

c) Für das rhombische Subsystem:

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0/c_0 : p_1/c_1 : p_2/c_2 \quad (9)$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = c_0\, r_0 : c_1\, r_1 : c_2\, r_2 \quad (10)$$

d) Für das tetragonale System:

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0 : p_1 : p_2/c_2 \quad (11)$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 : r_1 : c_2\, r_2. \quad (12)$$

Endlich e) für das hexagonale System:

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0 - \pi : p_2 - \pi : p_3 - \pi, \text{ wo } \pi = \frac{m-1}{3m}(p_0 + p_1 + p_2) \quad (13)$$

oder

$$p_0' : p_1' : p_2' = \frac{3m}{m-1}\, p_0 - p : \frac{3m}{m-1}\, p_1 - p : \frac{3m}{m-1} - p,$$
$$\text{wo } p = p_0 + p_1 + p_2$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 + \varrho : r_1 + \varrho : r_2 + \varrho, \text{ wo } \varrho = \frac{m-1}{3}(r_0 + r_1 + r_2) \quad (14)$$

oder

$$r_0' : r_1' : r_2' = \frac{3}{m-1}\, r_0 + r : \frac{3}{m-1}\, r_1 + r : \frac{3}{m-1}\, r_2 + r,$$
$$\text{wo } r = r_0 + r_1 + r_2$$

und auch umgekehrt

$$p_0 : p_1 : p_2 = \frac{3}{m-1}\, p_0' + p' : \frac{3}{m-1}\, p_1' + p' : \frac{3}{m-1}\, p_1' + p'$$
$$(p' = p_0' + p_1' + p_2') \quad (13)^*)$$

*) Ich muss dabei noch einmal darauf aufmerksam machen, dass ich auch für dieses System die Miller'schen Symbole gebrauche mit der Modification (falls eine sechszählige Symmetrieaxe vorhanden ist), dass die beiden Symbole $(p_0 p_1 p_2)$ und $(-p_0+2p_1+2p_2, 2p_0-p_1+2p_2, 2p_0+2p_1-p_2)$ durch das einzige $\pm(p_0 p_1 p_2)$ ersetzt werden.

und

$$r_0 : r_1 : r_2 = \frac{3m}{m-1} r_0' - r' : \frac{3m}{m-1} r_1' - r' : \frac{3m}{m-1} r_2' - r'$$

$$(r' = r_0' + r_1' + r_2'). \qquad (14)^*$$

In allen diesen Gleichungen ist die Grösse m mit der Grösse des Flächenwinkels x' des Hauptrhomboëders durch die Relation verbunden:

$$m = \sqrt{\frac{1 - \cos(x')}{1 + 2\cos(x')}}$$

Hier bedeutet m den S. 629 erwähnten Coëfficienten der Streckung.

Mit Hülfe vorstehender Gleichungen lässt sich der Uebergang von dem gewöhnlichen zu dem projectiven Symbol und das Umgekehrte mit grosser Leichtigkeit ausführen. Damit ist die Auflösung folgender Aufgabe in ihrer allgemeinsten Form vorbereitet:

§ 21. Gegeben das Symbol einer Zone und einer ihr angehörenden Fläche, sowie der Winkel, welchen diese Fläche mit einer anderen Fläche derselben Zone bildet; gesucht das Symbol der anderen Fläche.

Es sei das Symbol der Zone r $(r_0 r_1 r_2)$, das der Fläche p $(p_0 p_1 p_2)$, und der Winkel, welchen diese Fläche p mit einer Unbekannten x $(x_0 x_1 x_2)$ bildet, α.

Die Richtung der Axe r wählen wir derart, dass für einen in dieser Richtung stehenden Beobachter die von p nach x gerichtete Bewegung den der Uhrzeigerbewegung entgegengesetzten Sinn hat; dabei soll der Winkel die Grösse 90° nicht übertreffen.

Wir suchen zuerst die Symbole der Durchschnittsflächen der gegebenen Zone mit einer anderen von einfachstem Symbole z. B. [100] und [010]. Diese Symbole sind nämlich $(0, r_2, -r_1)$ und $(-r_2, 0, r_0)$. Indem wir die erste Fläche durch m $(m_0 m_1 m_2)$ und die zweite durch n $(n_0 n_1 n_2)$ bezeichnen, finden wir nach Miller die Gleichheit der Doppelverhältnisse**):

$$\frac{|px|_i}{|mx|_i} : \frac{|pn|_i}{|mn|_i} = \frac{\sin(px)}{\sin(mx)} : \frac{\sin(pn)}{\sin(mn)} = \frac{\cot(pn) - \cot(pm)}{\cot(px) - \cot(pm)},$$

wo $i = 0, 1, 2$. Indem wir $i = 2$ annehmen wollen, erhalten wir für den ersten Theil dieser Gleichungen:

$$\frac{(p_0 x_1 - p_1 x_0)\, r_2^2}{r_2 x_0 \cdot - p_1 r_2} = 1 - \frac{p_0 x_1}{p_1 x_0},$$

und für den letzten Theil derselben Gleichungen:

---

*) S. Anmerk. S. 634.

**) Ich erlaube mir in Erinnerung zu bringen, dass $|px|_i$ die Determinante $\begin{vmatrix} p_k & p_l \\ x_k & x_l \end{vmatrix}$ bedeutet, wo k und l die von i verschiedenen Zahlen (unter den drei Zahlen 0, 1, 2) sind, in der Reihenfolge k, l, i genommen.

$$\frac{\cot(pn) - \cot(px) + \cot(px) - \cot(pm)}{\cot(px) - \cot(pm)} = 1 - \frac{\cot\alpha - \cot(pn)}{\cot\alpha - \cot(pm)}$$

und, da der Winkel $(px) = \alpha$ ist,

$$\frac{x_0}{x_1} = \frac{p_0}{p_1} \frac{[\cot\alpha - \cot(pm)]}{[\cot\alpha - \cot(pn)]}.$$

Nun aber ist bekannt*), dass

$$\cot(pm) = \frac{p_1' r_2' - p_2' r_1'}{p_0' \sqrt{r_0'^2 + r_1'^2 + r_2'^2}},$$

ebenso auch

$$\cot(pn) = \frac{-p_0' r_2' + p_2' r_0'}{p_1' \sqrt{r_0'^2 + r_1'^2 + r_2'^2}}.$$

Indem wir der Kürze wegen die Grösse $\sqrt{r_0'^2 + r_1'^2 + r_2'^2}$ durch R' und die Grössen $r_1' p_2' - r_2' p_1'$, $r_2' p_0' - r_0' p_2'$ und $r_0' p_1' - r_1' p_0'$ d. h. die Indices des projectiven Symbols der Durchschnittskante der Fläche p mit der zur Zonenaxe r senkrechten Fläche resp. durch z_0', z_1', z_2' bezeichnen, finden wir endlich

$$\frac{x_0}{x_1} = \frac{p_0}{p_1} \frac{\left(\cot\alpha + \frac{z_0'}{p_0' R'}\right)}{\left(\cot\alpha + \frac{z_1'}{p_1' R'}\right)}.$$

Das Resultat verallgemeinernd auf alle Indices**)

$$x_0 : x_1 : x_2 = p_0\left(\cot\alpha + \frac{z_0'}{p_0' R'}\right) : p_1\left(\cot\alpha + \frac{z_1'}{p_1' R'}\right) : p_2\left(\cot\alpha + \frac{z_2'}{p_2' R'}\right). \quad (15)$$

Im Besonderen für das tesserale System ($p_0 = p_0'$, $p_1 = p_1'$, $p_2 = p_2'$) haben wir

$$x_0 : x_1 : x_2 = p_0 R \cot\alpha + z_0 : p_1 R \cot\alpha + z_1 : p_2 R \cot\alpha + z_2. \quad (15a)$$

In diesen Formeln sind R' und $\cot\alpha$ immer positiv zu nehmen; das Vorzeichen von p' spielt dabei keine Rolle, weil mit der Veränderung des Vorzeichens p_0' . . sich auch das Vorzeichen von z_0' . . ändert. Was aber x betrifft, so ändert es das Vorzeichen mit p zusammen, was übrigens klar ist.

Im Besonderen, wenn $\alpha = 90^0$, finden wir

$$x_0 : x_1 : x_2 = \frac{p_0 z_0'}{p_0'} : \frac{p_1 z_1'}{p_1'} : \frac{p_2 z_2'}{p_2'}. \quad (16)$$

Diese Formel giebt die Indices einer Fläche, welche der Zone r angehört und zur Fläche p senkrecht ist.

---

*) Z. B. Liebisch, Geometr. Krystall. S. 229. Auch vierte analytisch-krystallogr. Studie des Verfassers § 4.

**) Diese einfache Formel wurde anfangs 1891 vom Verfasser angegeben (Verhandl. d. k. mineralog. Ges. 28, 476).

Man sieht, dass in Formel (15) die Grössen x u. s. w. von der Grösse des Winkels α abhängig sind; dieselben sind also, je nach der Grösse des Winkels, rational oder irrational; die Formel lässt sich also auf dem Krystallflächencomplex angehörende wie auch ihm nicht angehörende Flächen anwenden.

Kraft des Dualismus, welcher zwischen Flächen und Kanten existirt, ist dieselbe Formel ebenso als die Lösung der Aufgabe zu betrachten:

Gegeben das Symbol einer Fläche r und einer ihr parallelen Kante p, sowie der Winkel α, welchen diese Kante mit einer anderen x bildet, welche derselben Fläche parallel ist; gesucht das Symbol der Kante x.

Es versteht sich von selbst, dass auch jetzt diejenige Seite der Fläche in Betracht gezogen werden muss, von welcher ab die Bewegung von p zu x der dem Uhrzeigersinn entgegengesetzten entspricht; dabei muss x so gewählt werden, dass der Winkel px nicht die Grösse 90° übertreffe.

§ 22. Jetzt wollen wir an einem Beispiele den Weg der Symbolberechnung zeigen. Der Einfachheit wegen wollen wir einen tesseralen Krystall wählen.

Es werde ein Boracitkrystall in Untersuchung genommen. Man habe ihn nach der Zone [001] justirt, wie oben angegeben wurde; der Nulllage des Verticalkreises entspricht die Krystallfläche (100).

Bei der Anfangslage, in welcher die beiden Nonien auf den Nullpunkt eingestellt sind, ist die Fläche (001) vertical und zur optischen Axe des Fernrohrs senkrecht, die Fläche (100) ebenso vertical, aber in Bezug auf dieselbe Axe parallel, nicht senkrecht, und die Fläche (010) horizontal; der zu ihr senkrechten Kante, von unten nach oben gerichtet, entspricht das Symbol [010].

Es soll jetzt das Symbol der Fläche berechnet werden, deren Coordinaten

$$+\,54^0\,44'\,; \quad +\,45^0\,0\,.$$

Zuerst führen wir die der zweiten Zahl entsprechende Berechnung der Indices der Zone aus. Indem wir dabei die Richtungen beachten, finden wir für diesen Fall

$$r = (001), \;\; p = [010].$$

Daraus

$$z = \begin{vmatrix} 001 \\ 010 \end{vmatrix} = (\bar{1}00)\,; \;\; R = 1\,; \;\; \cot\alpha = 1\,.$$

Also nach der Formel (15a)

$$x_0 : x_1 : x_2 = \bar{1} : 1 : 0\,.$$

Für die zweite Berechnung ziehen wir nun auch die erste Coordinate in Betracht. Hier müssen wir annehmen:

$$r = [\bar{1}10]\,, \quad p = (001)\,.$$

Also

$$z = \begin{vmatrix} \bar{1}10 \\ 001 \end{vmatrix} = 110\,; \quad R = \sqrt{2}\,; \quad R \cot \alpha = 1\;.$$

Nun berechnet man endlich

$$x_0 : x_1 : x_2 = 1 : 1 : 1$$

und das Symbol ist gefunden.

§ 23. Dieser Weg lässt sich jedoch verkürzen, indem wir die beiden Berechnungen in einer und derselben Formel zusammenfassen. Man findet nämlich, dass den Coordinaten

$$+A\,; \quad +\alpha$$

das durch folgende Formel bestimmte projective Symbol entspricht:

$$p_0' : p_1' : p_2' = \cos\alpha \,.\, \mathrm{tg}\, A : \sin\alpha \,.\, \mathrm{tg}\, A : 1 = \cos\alpha : \sin\alpha : \cot A\,. \quad (17)$$

Diese sehr einfache Formel, welche auch als direct verständlich gelten kann, giebt uns das gesuchte Symbol.

Um daraus den Uebergang zum gewöhnlichen Symbol zu vollziehen, bleibt nur übrig, die gefundenen Zahlen in die Gleichungen der Projectivität (1)—(12) zu substituiren.

In dem allgemeinsten Falle des triklinen Subsystems haben wir also (17a)

$$p_0 : p_1 : p_2 = \left[a_4 \cos\alpha - a_2 \sin\alpha + (a_2 a_5 - a_3 a_4)\cot A\right] : \left[a_1 \sin\alpha - a_1 a_5 \cot A\right] : \left[a_1 a_4 \cot A\right] = \left[\cos\alpha + b_1 \sin\alpha + b_3 \cot A\right] : \left[b_2 \sin\alpha + b_4 \cot A\right] : \left[b_5 \cot A\right]$$

Auch umgekehrt, wenn die Coordinaten einer durch ihr Symbol bestimmten Fläche gesucht werden, haben wir:

$$\cos\alpha : \sin\alpha : \cot A = a_1 p_0 + a_2 p_1 + a_3 p_2 : a_4 p_1 + a_5 p_2 : p_2$$

also

$$\cot\alpha = \frac{a_1 p_0 + a_2 p_1 + a_3 p_2}{a_4 p_1 + a_5 p_2} \qquad (17\,b)$$

und

$$\cot A = \frac{p_2 \sin\alpha}{a_4 p_1 + a_5 p_2}\,.$$

§ 24. Wenn der zu untersuchende Krystall einige Flächen der Zone [001] besitzt, darunter auch die Fläche (100), so versuchen wir, nachdem der Krystall in der angenäherten Lage befestigt ist, einen Reflex im Gesichtsfelde zu fassen; dann stellen wir den horizontalen Nonius allmählich in die Position 270° und lassen dabei mittelst der Justirschrauben immer die Coincidenz der Mittelpunkte des Reflexes und des Fadenkreuzes bestehen bleiben. Nun ist es leicht dazu zu gelangen, dass alle Reflexe, welche den Flächen der Zone [001] angehören, durch den Mittelpunkt des Fadenkreuzes hindurchgehen und dabei der Nonius des horizontalen Limbus 90° (oder 270°) zeigt; es bleibt jetzt übrig, die Fläche (100) richtig einzustellen und dabei den verticalen Limbus in die Null-Lage zu führen.

Das angegebene Verfahren erscheint sehr geeignet, wenn wirklich zwei der bestreflectirenden Flächen der Zone [001] angehören und eine derselben die Fläche (100) ist.

Jetzt wollen wir den Fall behandeln, bei welchem in dieser Zone solche Flächen vorhanden sind, aber keine von beiden (100) ist.

Falls die geometrischen Constanten des Krystalles bekannt sind, oder wir sonst die Grösse des Winkels einer der bestreflectirenden Flächen dieser Zone mit der Fläche (100) ermitteln können, so ist behufs der richtigen Orientirung der Krystall nach dieser Fläche zu justiren, aber der Nonius des verticalen Kreises nicht auf Null, sondern auf die betreffende andere Zahl einzustellen; z. B. im Falle des Anorthits bildet die Fläche (010) mit der nicht vorhandenen (100) den Winkel 86,°5.

Wenn aber in der Verticalzone [001] überhaupt keine bestreflectirenden Flächen vorhanden sind, so muss eine andere Orientirung des Krystalls ausgeführt werden; dabei sind auch die Projectivitätsgleichungen eines anderen Typus zu nehmen.

Es ist klar, dass die Aufgabe in die der Transformation der krystallographischen Axen übergeht, und wir wollen jetzt die Auflösung in der allgemeinen Form behandeln unter der Voraussetzung, dass der Krystall nach einer der krystallographischen Axen und dabei nach einem der drei ersten Pinakoide orientirt ist.

Die Aufgabe lässt sich folgendermassen formuliren. Es sind die Gleichungen der Projectivität eines Krystalls bekannt, welcher nach der Zone [001] und nach der Fläche (100) orientirt ist, aber nur bei der gewöhnlich angenommenen Reihenfolge der Indices, d. h. 0, 1, 2. Gesucht sind die Gleichungen für den Fall, dass die Reihenfolge der Indices eine andere ist, und zwar j, k, l (j, k, l eine der Zahlen 0, 1, 2).

Dann haben wir

$$p_j' : p_k' : p_l' = (a_1'p_j + a_2'p_k + a_3'p_l) : (a_4'p_k + a_5'p_l) : p_l \quad \text{und} \quad r_j' : r_k' : r_l' = a_4'r_j : (-a_2'r_j + a_1'r_k) : \left((a_2'a_5' - a_3'a_4')r_j - a_1'a_5'r_k + a_1'a_4'r_l\right) \qquad (18)$$

Der Kürze wegen wollen wir noch folgende Bezeichnungen einführen*):

Es soll die Fläche (100) durch X_0, die Kante [010] durch x_1
- (010) - X_1, - [001] - x_2
- (001) - X_2, - [01$\bar{1}$] - r
- (111) - O bezeichnet werden

und ausserdem

$$\cot(x_1 x_2) = c_1; \quad \cot(x_2 r) = c_3; \quad \cot(X_2 X_0) = c_2; \quad \cot(O X_0) = c_5;$$
$$\sin(x_1 x_2) = s_1; \quad \sin(x_2 r) = s_3; \quad \cot(X_0 X_1) = c_4.$$

*) Immer dieselbe Reihenfolge j, k, l voraussetzend.

Mit Hülfe der Gleichungen (18) ist es leicht, alle Grössen c und s zu berechnen (d. h. sie durch die gesuchten Coëfficienten a_1', a_2' . . . auszudrücken) nach den wohlbekannten Formeln des tesseralen Systems. Auch umgekehrt können wir die Coëfficienten der Gleichungen der Projectivität durch die Grössen c und s ausdrücken.

Wir finden nämlich*):

$$\begin{aligned} a_1' &= \frac{c_5}{s_3} - \frac{c_2}{s_1} - c_4(c_1 - c_3) = \frac{c_5}{s_3} - a_3' - a'_2 \\ a_2' &= c_4(c_1 - c_3) \\ a_3' &= c_2/s_1 \\ a_4' &= c_1 - c_3 \\ a_5' &= -c_1. \end{aligned} \tag{19}$$

Da aber andererseits die Grössen c und s leicht nach den früher bekannten Gleichungen der Projectivität, deren Coëfficienten a_1, a_2 . . . sind, berechnet werden können, so stellen die Gleichungen (19) die Auflösung der Aufgabe in der allgemeinsten Form dar.

§ 25. Der Uebersichtlichkeit wegen will ich als Beispiel die Gleichungen des Epidots berechnen.

Es sind die Gleichungen des gewöhnlichen Typus bekannt und zwar**):

$$p_0' : p_1' : p_2' = \overset{a_1}{1{,}26454}\, p_0 - \overset{a_3}{0{,}47454}\, p_2 : \overset{a_4}{1{,}80362}\, p_1 : p_2 \tag{20}$$

und $$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 : 0{,}70112\, r_1 : 0{,}47454\, r_0 + 1{,}26454\, r_2 \tag{21}$$

(Die Coëfficienten a_2 und a_5 verschwinden, weil der Krystall dem monoklinen System angehört.)

Nun suchen wir die Gleichungen der Projectivität unter der Voraussetzung, dass der Epidotkrystall nach der Zone [010] und nach der Fläche (001) orientirt ist.

Die Reihenfolge der Axen ist jetzt 3, 1, 2; zu der früher angenommenen zurückkehrend, finden wir, dass

X_0	sich auf die Fläche	(001)	und x_1	auf die Kante	[100]
X_1	- - - -	(100)	- x_2	- - -	[010]
X_2	- - - -	(010)	- r	- - -	[1$\bar{1}$0]
O	- - - -	(111)			

beziehen. Daraus schliessen wir unmittelbar, dass $c_1 = 0$; $s_1 = 1$; $c_2 = 0$; also $a_5' = a_3' = 0$.

Zur Berechnung von c_3 und s_3 dienen uns die Gleichungen (21), d. h.

das Symbol [010] muss jetzt durch 0; 1; 0

[1$\bar{1}$0] - - - 1; — 0,70112; 0,47454

*) Vierte analytisch-krystallographische Studie § 17.

**) ibid. § 11.

ersetzt werden, und das Symbol der Zone dieser Flächen ist (0,47454 ; 0; —1). Folglich

$$c_3 = \cot(x_2 r) = \frac{0.1 + 1.(-0.70112) + 0.0,47454}{\sqrt{(0,47454)^2 + 1}}$$

$$= -\frac{0,70112}{\sqrt{1 + (0,47454)^2}} = -0,63342.$$

und $s_3 = 0,84479$.

Ganz analog berechnen wir noch

$$c_4 = -0,47454 \text{ und } c_5 - = 0,26452$$

und daraus

$$a_4' = 0,63342;\ a_2' = -0,30058;\ a_1' = 0,61370.$$

Die neuen Gleichungen des Epidots werden also

$$p_0' : p_1' : p_2' = 0,63342 p_0 : p_1 : -0,30058 p_0 + 0,61370 p_2 \qquad (22)$$

$$\text{und } r_0' . r_1' : r_2' = 0,96887 r_0 + 0,47454 r_2 : 0,61370 r_1 : r_2 . \qquad (23)$$

§ 26. In den Fällen, in welchen der Krystall durch eine Anzahl von Zonen begrenzt ist, welche einander sämmtlich in einer und derselben Fläche schneiden, sind die Beobachtungen viel leichter auszuführen, wenn wir ihn so orientiren, dass diese besondere Fläche zur beweglichen Axe senkrecht und eine ihr angehörende Kante der unbeweglichen Axe parallel ist.

Wollen wir der besonderen Fläche das Symbol (001) und der gewählten Kante das Symbol [100] zuschreiben, so können wir sagen, dass der Krystall nach der Kantenzone (001) und nach der Kante [100] orientirt ist. In diesem Falle haben die Gleichungen der Projectivität die Form:

$$\frac{r_0'}{r_2'} = \frac{A_1 r_0 + A_2 r_1 + A_3 r_2}{r_2},\quad \frac{r_1'}{r_2'} = \frac{A_4 r_1 + A_5 r_2}{r_2} \quad \text{und} \quad \frac{p_0'}{p_2'} = \frac{p_0}{B_3 p_0 + B_4 p_1 + B_5 p_2},\quad \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{B_1 p_0 + B_2 p_1}{B_3 p_0 + B_4 p_1 + B_5 p_2} \qquad (A)$$

Dieselben sind den Gleichungen (1) und (2) ganz analog, deshalb lassen sich auch ihre Coëfficienten aus der Beobachtung analog berechnen. Aber es ist jetzt nöthig, die Krystallflächen durch ihre Normalen und die Kanten durch die zu ihnen senkrechten Flächen zu ersetzen.

Wenn wir nun die Kante [100] durch X_0 und Fläche (010) durch x_1
- [010] - X_1 - (001) - x_2
- [001] - X_2 - (01$\bar{1}$) - r
- [111] - O

bezeichnen, so sind noch die Winkel $(x_1 x_2)$, $(x_2 r)$, $(X_0 X_2)$, $(X_0 X_1)$ und (OX_0) zu bestimmen nöthig. Dann berechnen wir die Grössen c_1, s_1, c_3, s_3, c_2, c_4 und c_5 und endlich mittelst der Gleichungen (19) die Coëfficienten der Gleichungen der Projectivität.

Der Uebergang von den Gleichungen (A) zu denen des gewöhnlichen Typus vollzieht sich ganz ähnlich, wie der Uebergang von den Gleichungen (3) und (4) zu Gleichung (1) und (2) (S. 633).

Ebenso einfach ist die Auflösung der entgegengesetzten Aufgabe d. h. die Berechnung der Coëfficienten a, wenn die Gleichungen mit den Coëfficienten a' gegeben sind.

Es ist nur die Berechnung der Grössen $c_1 \ldots c_5$ nöthig; dann lässt sich die Berechnung mittelst (19) (S. 640) ausführen.

Z. B. erhalten wir im Falle des Epidots $c_1 = 0$ ($s_1 = 1$) und $c_4 = 0$. Die Grösse c_2 wird mit Hülfe der Gleichung (22) berechnet, und zwar ist das Symbol (100) jetzt durch 0,63342; 0; — 0,30058
- (001) - - 0 0 1 zu ersetzen.

Das Symbol der Zone ist jetzt 0,63342 (0; 0; 1).

$$\text{Also } c_2 = \cot (X_2 X_0) = \frac{-0,30058}{0,63342} = -0,47454.$$

Auf analoge Weise erhalten wir noch

$$c_3 = -0,180357 \text{ und } c_5 = 0,77746$$

und nunmehr sind nach der Formel (19) die Coëfficienten a zu berechnen.

Betrachten wir jetzt den Fall, in welchem eine Justirung unnöthig oder sogar unmöglich ist; es kommt manchmal vor, dass an einem Krystallsplitter nur 2—3 Flächen zu bemerken sind, welche zum Messen geeignet erscheinen; in diesem Falle sind nur die von diesen Flächen gebildeten Winkel zu messen.

Es seien z. B. die Coordinaten der beiden Flächen

$$A_1;\ \alpha_1 \text{ und } A_2;\ \alpha_2.$$

Auf Grund der Formel (17) schliessen wir jetzt, dass die Cosinus der von den Flächennormalen mit drei rechtwinkligen Axen gebildeten Winkel den Grössen

$$\cos \alpha_1 : \sin \alpha_1 : \cot A_1 \text{ und } \cos \alpha_2 : \sin \alpha_2 : \cot A_2$$

proportional sind. Der von beiden bestimmte Winkel wird ausgedrückt durch

$$\begin{aligned}\cos (n_1 n_2) &= \frac{\cos \alpha_1 \cos \alpha_2 + \sin \alpha_1 \sin \alpha_2 + \cot A_1 \cot A_2}{\sqrt{1 + \cot^2 A_1}\ \sqrt{1 + \cot^2 A_2}} = \\ &= \{\cos (\alpha_1 - \alpha_2) + \cot A_1 \cot A_2\} \sin A_1 \sin A_2 \\ &= \cos (\alpha_1 - \alpha_2) \sin A_1 \sin A_2 + \cos A_1 \cos A_2, \qquad (24)\end{aligned}$$

was übrigens als unmittelbar klar gelten kann, weil die Form (24) eine allgemein bekannte Formel der sphärischen Trigonometrie ist.

Man weiss ferner, dass mittelst einer einfachen Substitution diese Formel leicht in eine logarithmische verwandelt werden kann.

Bezeichnen wir $(\alpha_1 - \alpha_2)$ durch α' und führen die Substitution

$$\operatorname{tg} A_1 \cos \alpha' = \cot \beta$$

ein, so nimmt Formel (24) die Form

$$\cos (n_1 n_2) = \frac{\cos A_1}{\sin \beta} \sin (A_2 + \beta) \tag{25}$$

an; ist also gut logarithmisch brauchbar.

§ 27. Nunmehr gehen wir zu den hexagonalen Krystallen über.

Wenn möglich werden wir einen solchen nach der Verticalzone [111] und nach einer Fläche $(2\bar{1}\bar{1})$ justiren.

Es seien die Coordinaten einer Fläche: $+A$; $+\alpha$.

Zuerst berechnen wir die Zone. In der Formel (15a) (S. 636) müssen wir $r = (111)$; $p = [01\bar{1}]$ nehmen.

Daraus berechnen sich $R = \sqrt{3}$ und $z = (\bar{2}11)$, und das Symbol der Zone wird durch die Formel

$$x_0 : x_1 : x_2 = -2 : \sqrt{3} . \cot \alpha + 1 : -\sqrt{3} \cot \alpha + 1 \tag{26}$$

bestimmt.

Dieses Symbol muss ein gewöhnliches rationales (und nicht projectives) sein.

Jetzt berechnen wir mittelst derselben Formel

$$p_0' : p_1' : p_2' = \cot A \sqrt{2} + 2 \cos \alpha : \cot A \sqrt{2} - \cos \alpha + \sqrt{3} . \sin \alpha : \cot A \sqrt{2} - \cos \alpha - \sqrt{3} . \sin \alpha . \tag{27}$$

Um daraus das gewöhnliche Symbol zu berechnen, ist nur die in den Gleichungen (13) (S. 634) angegebene Substitution auszuführen, und man erhält, weil $p_0' + p_1' + p_2' = 3 \cot A \sqrt{2}$,

$$\frac{p_0}{p_1} = \frac{m \cot A \sqrt{2} + 2 \cos \alpha}{m \cot A \sqrt{2} - \cos \alpha + \sqrt{3} . \sin \alpha} \qquad \frac{p_1}{p_2} = \frac{m \cot A \sqrt{2} - \cos \alpha + \sqrt{3} . \sin \alpha}{m \cot A \sqrt{2} - \cos \alpha - \sqrt{3} . \sin \alpha} \tag{28}$$

Diese Formel giebt direct das gesuchte Symbol.

Die Formel (27) bezieht sich auf den besonderen Fall, in welchem m, der Coëfficient der Streckung, gleich 1 ist. Sie ist für das tesserale System unmittelbar anwendbar, wenn man einen Krystall nach der Zone [111] orientirt.

Diese Orientirung nach der Zone [111] ist selbst dann möglich, wenn keine einzige Fläche dieser Zone vorhanden ist.

Nehmen wir z. B. ein Splitterchen von Calcit. Die Normale zu einer der Hauptrhomboëderflächen bildet mit der Hauptaxe den Winkel 44° 26′ 40″;

wir stellen den Nonius des horizontalen Limbus auf diese Zahl und führen nun eine solche Justirung (nach der schiefen Zone, s. oben S. 609), herbei, dass alle drei Reflexe des Hauptrhomboëders bei der Umdrehung des verticalen Limbus durch das Fadenkreuz hindurchgehen.

§ 28. Wir wenden uns der Frage der Berechnung der geometrischen Constanten eines Krystalls aus den durch Beobachtung gegebenen Zahlen zu; diese Constanten sind jetzt die Coëfficienten der Projectivitätsgleichungen.

Zuerst wollen wir die Aufgabe in ihrer allgemeinsten Form aufstellen.

In den »Elementen der Lehre von den Figuren« des Verfassers wurde der Satz bewiesen, dass mittelst Zügen (Streckungen) und Schiebungen jedes Parallelepiped in jedes andere zu verwandeln ist.

Wenn wir anstatt des Parallelepipeds eine andere Figur nehmen und dieselbe der gleichen Gesammtheit von Zügen und Schiebungen unterwerfen, so verwandelt sich die Figur in eine andere, welche mit der primitiven Figur in der engsten Beziehung steht.

Diese Relation besteht darin, dass jeder Fläche, jeder Kante oder selbst jedem Punkte der ersten Figur eine einzige bestimmte Fläche oder Kante oder Punkt der anderen Figur entspricht. Sie findet in der Krystallographie darin ihren Ausdruck, dass die homologen Gebilde (Flächen oder Kanten) durch gleiche (Miller'sche) Symbole ausgedrückt werden. Wir haben hier einen Fall von der besonderen Eigenschaft vor uns, welcher in der neueren Geometrie mit dem Namen Projectivität (Homographie) bezeichnet wird, und zwar handelt es sich hier um eine eindeutige Art der Projectivität. Diese Art (welche von den deutschen Mathematikern als Affinität bezeichnet wird) habe ich in Anwendung auf die Krystallographie als »krystallographische« Projectivität bezeichnet und bewiesen, dass sie durch die einfachsten linearen Gleichungen sich ausdrücken lässt, und zwar durch

$$\begin{aligned} x_0' &= a_{11} x_0 + a_{12} x_1 + a_{13} x_2 \\ x_1' &= a_{21} x_0 + a_{22} x_1 + a_{23} x_2 \\ x_2' &= a_{31} x_0 + a_{32} x_1 + a_{33} x_2. \end{aligned}$$

In der dritten analytisch-krystallographischen Studie wurden vom Verfasser recht ausführlich alle Specialfälle dieser Projectivitätsart studirt und u. a. bewiesen, dass die Transformation der Coordinaten nur einen sehr speciellen Fall davon darstelle; endlich wurden auch die analytischen Bedingungen, welche diesen Fall charakterisiren, vollständig abgeleitet.

In der vierten Studie wurde auf diese Auseinandersetzungen eine wesentliche Vereinfachung der Krystallberechnungen begründet. Diese Vereinfachung besteht darin, dass man das rechtwinklige Coordinatensystem anwendet, um zu den einfachen Formeln des tesseralen Systems zu gelangen. Nach der Aufstellung der Gleichungen für die Züge und die Schiebungen, durch welche ein Krystallflächencomplex des tesseralen Systems

in ein anderes gegebenes transformirt wird, können wir eine beliebige Fläche oder Kante in Bezug auf das primitive rechtwinklige Axensystem ausdrücken und dadurch die wirklichen Symbole durch die neuen (welche von mir »projective« genannt worden sind) ersetzen, endlich mit ihrer Hülfe alle übrigen Berechnungen ausführen, indem wir mit diesen Symbolen bei den Anwendungen wie mit denen des tesseralen Systems verfahren.

Bei der Anwendung dieser Methode der Krystallberechnungen sind zunächst die Elemente des Krystalls durch die neuen zu ersetzen, welche nichts Anderes sind, als die Coëfficienten der Gleichungen der Projectivität, und die von uns aufgestellte Aufgabe ist in der allgemeinsten Form folgenderweise zu formuliren:

Es sind durch Beobachtung die Coordinaten der vier Flächen bestimmt, von welchen keine drei einer Zone angehören; diese Flächen sind durch die Symbole $p_0 (p_{00}\, p_{01}\, p_{02})$, $p_1 (p_{10}\, p_{11}\, p_{12})$, $p_2 (p_{20}\, p_{21}\, p_{22})$ und $p_3 (p_{30}\, p_{31}\, p_{32})$ gegeben; es werden die Coëfficienten der Projectivitätsgleichungen gesucht.

Die Lage einer jeden Fläche ist durch zwei Coordinaten A und α bestimmt. Diesen Coordinaten entspricht das projective Symbol

$$p_0' : p_1' : p_2' = \cos\alpha : \sin\alpha : \cot A,$$

wenn wir diese Fläche auf ein rechtwinkliges Axensystem beziehen, welches fest mit dem Goniometer verbunden ist (Verticalaxe, Fernrohraxe und die zu beiden rechtwinklige Gerade), und dabei der Fernrohraxe das projective Symbol [001] und der durch diese Gerade hindurchgehenden verticalen Ebene das Symbol (100) zuschreiben.

Die Aufgabe ist also die der Transformation der Indices. In der allgemeinsten Form kommen wir zur Auflösung auf folgendem Wege:

Das projective Symbol der Fläche p_0 ist $\cos\alpha_0 : \sin\alpha_0 : \cot A_0$
- - - - p_1 - $\cos\alpha_1 : \sin\alpha_1 : \cot A_1$
- - - - p_2 - $\cos\alpha_2 : \sin\alpha_2 : \cot A_2$
- - - - p_3 - $\cos\alpha_3 : \sin\alpha_3 : \cot A_3$.

Es bestehen somit folgende acht Gleichungen (4 Paare):

$$\begin{array}{c}
\frac{\cos\alpha_0}{\sin\alpha_0} = \frac{a_{11}p_{00} + a_{12}p_{01} + a_{13}p_{02}}{a_{21}p_{00} + a_{22}p_{01} + a_{23}p_{02}} \\
\frac{\sin\alpha_0}{\cot A_0} = \frac{a_{21}p_{00} + a_{22}p_{01} + a_{23}p_{02}}{a_{31}p_{00} + a_{32}p_{01} + a_{33}p_{02}} \\
\cdots\cdots\cdots\cdots \\
\frac{\cos\alpha_3}{\sin\alpha_3} = \frac{a_{11}p_{30} + a_{12}p_{31} + a_{13}p_{32}}{a_{21}p_{30} + a_{22}p_{31} + a_{23}p_{32}} \\
\frac{\sin\alpha_3}{\cot A_3} = \frac{a_{21}p_{30} + a_{22}p_{31} + a_{23}p_{32}}{a_{31}p_{30} + a_{32}p_{31} + a_{33}p_{32}}
\end{array} \tag{30}$$

Wir führen vier Factoren $k_0 \,..\, k_3$ ein, und damit sind diese acht Gleichungen durch 12 dargestellt, welche folgende vier Gruppen mit je drei Gleichungen bilden:

$$\begin{aligned} a_{11}p_{i0} + a_{12}p_{i1} + a_{13}p_{i2} &= k_i \cos\alpha_i \\ a_{21}p_{i0} + a_{22}p_{i1} + a_{23}p_{i2} &= k_i \sin\alpha_i \\ a_{31}p_{i0} + a_{32}p_{i1} + a_{33}p_{i2} &= k_i \cot A_i \end{aligned} \tag{30a}$$

$i = 0, 1, 2, 3.$

Daraus schliessen wir, dass:

$$\begin{vmatrix} p_{00} p_{01} p_{02} & k_0 \cos\alpha_0 \\ p_{10} p_{11} p_{12} & k_1 \cos\alpha_1 \\ p_{20} p_{21} p_{22} & k_2 \cos\alpha_2 \\ p_{30} p_{31} p_{32} & k_3 \cos\alpha_3 \end{vmatrix} = 0. \begin{vmatrix} p_{00} p_{01} p_{02} & k_0 \sin\alpha_0 \\ p_{10} p_{11} p_{12} & k_1 \sin\alpha_1 \\ p_{20} p_{21} p_{22} & k_2 \sin\alpha_2 \\ p_{30} p_{31} p_{32} & k_3 \sin\alpha_3 \end{vmatrix} = 0. \begin{vmatrix} p_{00} p_{01} p_{02} & k_0 \cot A_0 \\ p_{10} p_{11} p_{12} & k_1 \cot A_1 \\ p_{20} p_{21} p_{22} & k_2 \cot A_2 \\ p_{30} p_{31} p_{32} & k_3 \cot A_3 \end{vmatrix} = 0.$$

Dieselben Gleichungen können wir aber in der Form ausdrücken:

$$\begin{aligned} k_0 \cos\alpha_0 K_0 + k_1 \cos\alpha_1 K_1 + k_2 \cos\alpha_2 K_2 + k_3 \cos\alpha_3 K_3 &= 0 \\ k_0 \sin\alpha_0 K_0 + k_1 \sin\alpha_1 K_1 + k_2 \sin\alpha_2 K_2 + k_3 \sin\alpha_3 K_3 &= 0 \\ k_0 \cot A_0 K_0 + k_1 \cot A_1 K_1 + k_2 \cot A_2 K_2 + k_3 \cot A_3 K_3 &= 0. \end{aligned}$$

Folglich:

$$k_0 K_0 : k_1 K_1 : k_2 K_2 : k_3 K_3 = \begin{vmatrix} \cos\alpha_3 & \cos\alpha_1 & \cos\alpha_2 \\ \sin\alpha_3 & \sin\alpha_1 & \sin\alpha_2 \\ \cot A_3 & \cot A_1 & \cot A_2 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} \cos\alpha_0 & \cos\alpha_3 & \cos\alpha_2 \\ \sin\alpha_0 & \sin\alpha_3 & \sin\alpha_2 \\ \cot A_0 & \cot A_3 & \cot A_2 \end{vmatrix} :$$

$$\begin{vmatrix} \cos\alpha_0 & \cos\alpha_1 & \cos\alpha_3 \\ \sin\alpha_0 & \sin\alpha_1 & \sin\alpha_3 \\ \cot A_0 & \cot A_1 & \cot A_3 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} \cos\alpha_0 & \cos\alpha_1 & \cos\alpha_2 \\ \sin\alpha_0 & \sin\alpha_1 & \sin\alpha_2 \\ \cot A_0 & \cot A_1 & \cot A_2 \end{vmatrix}. \tag{31}$$

Zieht man noch in Betracht, dass einer der vier Factoren k_i beliebig (z. B. gleich 1) angenommen werden kann, so ist (31) die Auflösung der Gleichungen in Bezug auf diese Factoren.

Nun sind alle Coëfficienten mittelst (30a) zu berechnen.

Oefters liegt aber die Aufgabe nicht in dieser allgemeinsten, sondern in einer einfacheren Form vor, und zwar:

Der Krystall ist nach der Zone [001] und nach der Fläche (100) orientirt, und die Coordinaten der Flächen (100), (010), (001) und (111) sind bekannt. Gesucht die Coëfficienten der Projectivitätsgleichungen.

Bei der angegebenen Orientirung haben diese Gleichungen die Form

$$p_0' : p_1' : p_2' = a_1 p_0 + a_2 p_1 + a_3 p_2 : a_4 p_1 + a_5 p_2 : p_2 \tag{A}$$

Der Fläche (100) gehören die Coordinaten 90°; 90° an und es seien die

$$\begin{aligned} &\text{Coordinaten der Fläche } (010) - 90^\circ, \alpha \\ &\quad - \quad - \quad - \quad (001) - A_1, \alpha_1 \\ &\quad - \quad - \quad - \quad (111) - A_2, \alpha_2. \end{aligned} \tag{B}$$

Aus (A) und (B) erhalten wir:

$$\cos\alpha \;:\; \sin\alpha \;:\; \cot 90^0 = a_2 : a_4 : 0 \qquad (a)$$
$$\cos\alpha_1 : \sin\alpha_1 : \cot A_1 \;= a_3 : a_5 : 1 \qquad (b)$$
$$\cos\alpha_2 : \sin\alpha_2 : \cot A_2 \;= a_1 + a_2 + a_3 : a_4 + a_5 : 1. \qquad (c)$$

Aus (b) haben wir $a_3 = \cos\alpha_1 \operatorname{tg} A_1$ (d)

$$a_5 = \sin\alpha_1 \operatorname{tg} A_1. \qquad (e)$$

Aus (c) haben wir noch $a_4 + a_5 = \sin\alpha_2 \operatorname{tg} A_2$, (e) in Betracht gezogen,

$$a_4 = \sin\alpha_2 \operatorname{tg} A_2 - \sin\alpha_1 \operatorname{tg} A_1. \qquad (f)$$

Endlich aus (a) und (f) $a_2 = (\sin\alpha_2 \operatorname{tg} A_2 - \sin\alpha_1 \operatorname{tg} A_1)\cot\alpha.$ (g)

Aus (d), (e), (f) und (g)

$$a_1 = \cos\alpha_2 \operatorname{tg} A_2 - \cos\alpha_1 \operatorname{tg} A_1 - (\sin\alpha_2 \operatorname{tg} A_2 - \sin\alpha_1 \operatorname{tg} A_1)\cot\alpha. \qquad (h)$$

Diese Gleichungen lassen sich noch vereinfachen, wenn wir einen Hülfswinkel θ und einen Factor $\varkappa$ einführen, welche durch die Gleichungen

$$\operatorname{tg} A_1 = \varkappa \sin(\alpha_2 + \theta);\; \operatorname{tg} A_2 = \varkappa \sin(\alpha_1 + \theta) \qquad (C)$$

bestimmt werden.

Bezeichnen wir die Differenz $\lg \operatorname{tg} A_1 - \lg \operatorname{tg} A_2$ durch δ, so haben wir zur Bestimmung von θ

$$\lg\sin(\alpha_2 + \theta) - \lg\sin(\alpha_1 + \theta) = \delta. \qquad (32)$$

Nachdem wir mittelst der Logarithmentabellen den Winkel θ gefunden haben, berechnen wir leicht $\varkappa$ mittelst (C); die andere von diesen beiden Gleichungen dient zur Verification.

Aus (C) finden wir

$$\sin\alpha_2 \operatorname{tg} A_2 - \sin\alpha_1 \operatorname{tg} A_1 = \varkappa \sin\theta \sin(\alpha_2 - \alpha_1)$$
$$\cos\alpha_2 \operatorname{tg} A_2 - \cos\alpha_1 \operatorname{tg} A_1 = \varkappa \cos\theta \sin(\alpha_1 - \alpha_2)$$

und daraus endlich

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{\varkappa \sin(\alpha_1 - \alpha_2)\sin(\alpha + \theta)}{\sin\alpha} \\ a_2 &= -\varkappa \sin(\alpha_1 - \alpha_2)\cot\alpha \sin\theta. \\ a_3 &= \cos\alpha_1 \operatorname{tg} A_1 \\ a_4 &= -\varkappa \sin(\alpha_1 - \alpha_2)\sin\theta \\ a_5 &= \sin\alpha_1 \operatorname{tg} A_1. \end{aligned} \qquad (33)$$

In den meisten Fällen ist es aber einfacher, diese Coëfficienten mittelst projectiver Symbole zu berechnen.

Wenn wir das projective Symbol von (010) durch $p_0 \; p_1 \; 0$
- - - (001) - $p_{10}\, p_{11}\, p_{12}$
- - - (111) - $p_{20}\, p_{21}\, p_{22}$

bezeichnen, so finden wir leicht

$$\begin{aligned} a_5 &= p_{11}/p_{12} \\ a_4 &= p_{21}/p_{22} - a_5 \\ a_3 &= p_{10}/p_{12} \\ a_2 &= a_4\, p_0/p_1 \\ a_1 &= p_{20}/p_{22} - a_2 - a_3. \end{aligned} \qquad (33a)$$

Für das monokline Subsystem ist $\alpha = -90^0$, $\alpha_1 = 0$; also $a_2 = a_5 = 0$ und

$$\begin{aligned} a_1 &= \varkappa \sin \alpha_2 \cos \theta \\ a_3 &= \operatorname{tg} A_1 \\ a_4 &= -\varkappa \sin \alpha_2 \sin \theta. \end{aligned} \tag{34}$$

In diesem Fall hat der Hülfswinkel θ eine einfache Bedeutung und zwar ist es der Winkel zwischen den Zonenaxen [010] und [1$\bar{1}$0].

Anstatt der Formel (33a) haben wir jetzt (weil $p_0 = 0$, $p_1 = 1$, $p_{11} = 0$)

$$\begin{aligned} a_4 &= p_{21}/p_{22} \\ a_3 &= p_{10}/p_{12} \\ a_1 &= p_{20}/p_{22} - a_3. \end{aligned} \tag{34a}$$

Falls der Krystall nicht nach der Zone [001] bei gewöhnlicher Reihenfolge der Axen, sondern nach einer anderen orientirt ist, so finden wir nach den Formeln (33) die Projectivitätsgleichungen nicht des gewöhnlichen, sondern eines besonderen Typus, welche sich aber nach § 24 in die des gewöhnlichen umrechnen lassen.

Es ist noch zu erwähnen, dass, wenn auch nicht alle vier Flächen (100), (010), (001) und (111) vorhanden und zugleich die bestreflectirenden sind, sich doch oft die entsprechenden projectiven Symbole leicht berechnen lassen.

Es seien z. B. die gut beobachteten Flächen

1) (010), 2) (001), 3) (110) und 4) (101),

so berechnen wir die Zone (a) aus 1) und 3)
(b) - 2) - 4)
(c) - 1) - 4)
(d) - 2) - 3).

Alsdann erhalten wir das projective Symbol von der Fläche (100) als die Durchschnittsfläche von (a) und (b) und das der Fläche (111) als
- - - (c) - (d).

Dieses Verfahren lässt sich auch für andere Fälle verallgemeinern.

§ 29. Für das **hexagonale** System ist die Berechnung der Elemente sehr einfach.

Nehmen wir an, dass der Krystall nach der Zone [111] und nach der Fläche (2$\bar{1}\bar{1}$) orientirt ist, und dass die beobachteten Coordinaten der Fläche (100) sind: A_0 und $\alpha = 0^0\,0'$.

In diesem Fall haben wir vermöge der Formel (27):

$$p_0' : p_1' : p_2' = \frac{\cot A_0 \sqrt{2} + 2}{\cot A_0 \sqrt{2} - 1} : 1 : 1 \tag{A}$$

und nach Formel (13):

$$p_0' : p_1' : p_2' = \frac{3m}{m-1} - 1 : -1 : -1. \tag{B}$$

Daraus schliessen wir:

$$\frac{3m}{m-1} = \frac{3}{1-\cot A_0 \sqrt{2}} \text{ und } m = \frac{1}{\cot A_0 \sqrt{2}}. \qquad (35)$$

§ 30. Zum Schluss will ich die durch die neue Methode der goniometrischen Untersuchungen erzielten Vorzüge in einem kurzen Resumé darlegen:

1) Die Justirung ist nur ein einziges Mal für sämmtliche Flächen einer Hemisphäre auszuführen, und, was noch von besonderer Bedeutung ist, im Allgemeinen in derjenigen Lage, in welcher dieselbe sich am Einfachsten vollzieht (z. B. nach der Längsrichtung eines Krystalls).

Bei Anwendung des inneren Signals oder bei genügender Entfernung des äusseren ist die Centrirung nicht nöthig.

2) Die Beobachtung geht rasch vor sich, was besonders für leicht verwitternde Krystalle von Bedeutung ist; aber auch sonst dürfte die vollständige Beseitigung der zeitraubenden Operationen nicht ohne Belang sein.

Meiner Erfahrung gemäss ist jetzt während eines Abends die vollständige Messung eines Krystalls auszuführen, wie complicirt auch die Combination sein möge; dabei können das Justiren und die Beobachtungen einer Reihe der wichtigsten Flächen verschiedene Male wiederholt werden, um daraus ein Mittel zu berechnen.

3) Jede einzelne Beobachtung giebt uns zwei Winkelgrössen (Coordinaten), und diese beiden Zahlen genügen vollständig, um das Symbol der Fläche daraus zu berechnen (im complicirtesten Falle des triklinen Subsystems nach Formel (17a), S. 638).

Die Bestimmung jeder Fläche ist eindeutig und sicher, so dass selbst bei stark facettirten Krystallen kein Zweifel erwachsen kann über die Facette, welcher der Reflex angehört.

4) Ist einmal der Krystall der Untersuchung nach dieser Methode unterzogen worden, und liegt die Tabelle der Beobachtungen vor, so genügt für einen jeden Beobachter zur Wiederholung resp. Verification dieser Messungen in kürzester Zeit die nach den rohen Zahlen ausgeführte Einstellung der beiden Nonien.

Die Methode empfiehlt sich besonders bei der Untersuchung der Vicinal- resp. hypoparallelen Flächen, weil hier die schwere Aufgabe der Justirung eines jeden Paares von Reflexen beseitigt ist.

6) Die Berechnung der geometrischen Constanten (Elemente) lässt sich mittelst sehr einfacher Formeln (33 resp. 35) ausführen, selbst im Falle des triklinen Subsystems.

7) Manchmal ist jedes Justiren überflüssig, oder der Process lässt sich auf's Aeusserste vereinfachen. Wenn z. B. nur der Winkel gemessen werden soll, welchen eine Fläche mit den anderen bildet (was gerade die einzige

Aufgabe der früheren Methode war), so kann man von der Justirung völlig absehen (dann berechnet man diesen Winkel nach der Formel 24, S. 642), oder man justirt nach einer einzigen Fläche (d. h. man stellt diese Fläche zur optischen Axe des Fernrohrs senkrecht). In diesem Fall sind die an dem Nonius des horizontalen Limbus angegebenen Zahlen die gesuchten, d. h. diejenigen, welche die von der justirten Fläche mit allen anderen gebildeten Winkelgrössen anzeigen. Wollte man sich mit diesen Zahlen begnügen, so wären die früheren, complicirteren Methoden der Krystallberechnung nöthig.

V. Messungsbeispiele.

Im Folgenden werden möglichst verschiedenartige Beispiele der geometrischen Untersuchung der Krystalle zusammengestellt. Dabei sind von allen krystallographischen Systemen einige ausgewählt, und die Untersuchung folgt der Ordnung der Symmetrie, indem sie mit dem tesseralen System beginnt und mit dem triklinen schliesst.

In dieser Darstellung sind stets die rohen Beobachtungen, deren Umzählung, die berechneten Symbole und die aus diesen Symbolen mittelst der Gleichungen der Projectivität berechneten Coordinaten A und α zusammengestellt.

Tesserales (cubooktaëdrisches) System.

1. Boracit (Stassfurt).

(Dimensionen 8 mm × 8 mm × 8 mm.)

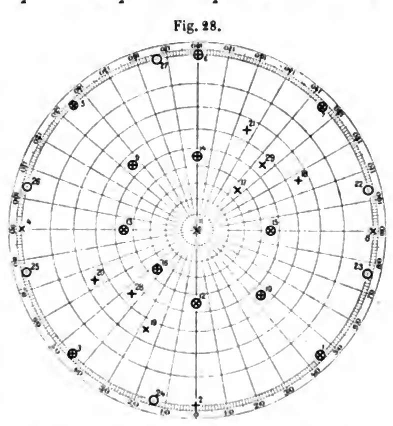
Orientirung und Justirung nach der Zone [001] und Fläche (100).

1	2	3	4	5	6	7	8
		Rohe Beobachtungen:		Umzählung:		Theoretische Grössen:	
Nr.	Symbol	A	α	A	α	A	α
1	(110)	270° 0′	315° 0½′	90° 0′	44° 59½′	90° 0′	45° 0′
2	(100)	269 58	0 1	+[89 58]	− 0 1	90 0	0 0
3	$(1\bar{1}0)$	269 56½	45 2	+[89 56½]	−45 2	90 0	−45 0
4	$(0\bar{1}0)$	269 57	90 1½	−[89 57]	+89 58½	−90 0	90 0
5	$(\bar{1}\bar{1}0)$	270 0	135 2½	− 90 0	+44 57½	−90 0	45 0
6	$(\bar{1}00)$	270 0	180 2	− 90 0	− 0 2	−90 0	0 0
7	$(\bar{1}10)$	270 0	225 3	− 90 0	−45 3	−90 0	−45 0
8	(010)	270 0½	270 3	89 59½	89 57	90 0	90 0
9	$(\bar{1}\bar{1}1)$	305 17½	134 57½	− 54 42½	+45 2½	−54 44	45 0
10	(111)	305 19	314 57	54 41	45 3	54 44	45 0
11	(001)	0 0	—	0 0	—	0 0	—
12	(101)	315 0	0 0	45 0	0 0	45 0	0 0
13	$(0\bar{1}1)$	315 0	89 58	45 0	−89 58	45 0	−90 0
14	$(\bar{1}01)$	315 0½	180 0	− 44 59½	0 0	−45 0	0 0

1	2	3	4	5	6	7	8
		Rohe Beobachtungen:		Umzählung:		Theoretische Grössen:	
Nr.	Symbol:	*A*	*α*	*A*	*α*	*A*	*α*
15	(011)	314° 59½′	270° 0½′	45° 0½′	89° 59½′	45° 0′	90° 0′
16	(11̄2)	324 45½	45 2	+ 35 14½	−45 2	35 16	−45 0
17	(1̄12)	324 44½	225 2	− 35 15½	−45 2	−35 16	−45 0
18	(12̄1)	294 3	243 22½	− 65 57	−63 22½	−65 54	−63 26
19	(2̄11)	294 5½	26 27½	+ 65 54½	−26 27½	+65 54	−26 34
20	(1̄21)	294 7½	63 19	+ 65 52½	−63 19	+65 54	−63 26
21	(21̄1)	294 6½	206 25½	− 65 53½	−26 25½	−65 54	−26 34
22	(1̄40)	270 0½	256 13½	− 89 59½	−76 13½	−90 0	−75 58
23	(140)	270 0	284 14	90 0	75 46	90 0	75 58
24	(41̄0)	270 0	346 0	90 0	14 0	90 0	14 2
25	(14̄0)	270 0	76 13½	+ 90 0	−76 13½	90 0	−75 58
26	(1̄40)	270 0	104 20	− 90 0	+75 40	−90 0	75 58
27	(4̄10)	270 0	166 19	− 90 0	+13 41	−90 0	14 2
28	(11̄1)	305 18½	45 1	+ 54 41½	−45 1	54 44	−45 0
29	(1̄11)	305 17½	225 4½	− 54 42½	−45 4½	−54 44	−45 0

Aus dieser Tabelle ersieht man die Grösse der Unterschiede zwischen beobachteten und berechneten Zahlen. Der Uebersichtlichkeit wegen werden die beobachteten (umgezählten) Zahlen in die gnomostereographischen Projectionen der Flächen eingetragen. Doch darf dieser Unterschied nicht mit dem Beobachtungsfehler, in sofern der letzte von der Ausbildung der Fläche abhängt, verwechselt werden.

Fig. 28.



Um auch die Ausbildung klar anzuzeigen und die Grösse des wirklichen Fehlers graphisch darzustellen, habe ich für alle auf die Messungen bezüglichen Figuren folgende Bezeichnungen angenommen:

⊗ bedeutet schöne Ausbildung der Flächen und vollkommene Beschaffenheit des Reflexes, d. h. wenn man absichtlich den Reflexmittelpunkt von dem Mittelpunkte des Fadenkreuzes um ½ Minute

verschiebt, sieht man deutlich die Ungenauigkeit der Einstellung. An dem untersuchten Boracitkrystall sind nur einige Flächen des Rhombendodekaëders von solcher Beschaffenheit.

⊕ bedeutet eine Beschaffenheit des Reflexes, bei welcher ein 1 Minute übertreffender Fehler schwerlich unbemerkt geblieben wäre.

X giebt die Beschaffenheit des Reflexes an, bei welcher selbst ein Fehler von 2 Minuten erwartet werden kann.

+ bedeutet, dass der Fehler bis auf 5 Minuten (manchmal sogar etwas mehr) steigt. Dieses Zeichen gebrauche ich auch bei guten, aber sehr lichtschwachen Reflexen, wenn das Fadenkreuz nicht mehr sichtbar ist.

○ bedeutet sehr schlechte Reflexe. Hierzu gehören besonders Flecken und Streifen.

Ist aber ein Lichtstreifen allzulang (es kommt manchmal vor, dass die Länge einige Grade umfasst), so beobachte ich (sehr ungefähr) den Anfang und das Ende des Streifens und bezeichne ihn durch fetten Strich.

Die dem Würfel angehörenden Reflexe sind ziemlich hell, bedingen aber die hellen Streifen in den Zonen [100], [010] und [001], welche auf eine oscillatorische Ausbildung in diesen Zonen hindeuten.

Wenn wir die Tabelle aufmerksam durchsehen, bemerken wir, wie klein auch der Unterschied der beobachteten und der theoretischen Werthe werden kann (ausser den sich auf die Flächen des Pyramidenwürfels beziehenden, welche sehr schlechte, äusserst lichtschwache Reflexe geben in der Form von Fleckchen und Streifchen), und wie wenig auch dieser Unterschied die Grösse des Fehlers übertreffen kann, doch die Existenz solcher Unterschiede, also der der Theorie nicht genau entsprechenden Lage der Flächen, unverkennbar ist.

Dies lässt sich am besten an den Zonen [100], [010], [001] beweisen, weil die genaue Justirung nach zwei der besten diesen Zonen angehörenden Flächen für verschiedene Flächenpaare etwas verschieden ist. Dies wäre unmöglich, wenn sämmtliche bezügliche Flächen mit voller Genauigkeit den betreffenden Zonen angehörten.

Die Berechnung der Symbole geschieht direct nach Formel (17) (S. 638). Um den Grad der Genauigkeit zu charakterisiren, wähle ich verschiedene Beispiele.

Für ausschliesslich ungenaue Beobachtung (Nr. 27) berechnen wir: $\cos(-13^\circ 41') : \sin(-13^\circ 41') : \cot(-90^\circ)$ oder $-4,107 : -1 : 0$.

Für eine der Beobachtungen von mittlerer Genauigkeit (z. B. Nr. 8) finden wir: $\cos(89^\circ 57') : \sin(89^\circ 57') : \cot(89^\circ 59\frac{1}{2}')$ oder $0,00087 : 0,99999 : 0,00014$. Endlich für eine der genauesten Beobachtungen (z. B. Nr. 1) haben wir: $\cos(45^\circ \frac{1}{2}') : \sin(45^\circ \frac{1}{2}') : \cot(90^\circ 0')$ oder $1,0000 : 1,0003 : 0,0000$.

Die beobachtete Combination drückt sich durch folgende Symbole aus:

$(100)_4$; $(110)_4$; $(111)_4$; $(2\bar{1}1)_4$; $(1\bar{1}1)_4$; $(410)_4$.

Symmetrieart: (Hexakis-)tetraëdrisch.

2. Spinell (Vesuv).

(Dimensionen $2\frac{1}{2}$ mm × 2 mm × 1 mm.)

Orientirung nach der Zone [001] und nach der Fläche (100).

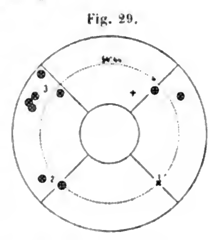
Justirung nach der schiefen Zone der Flächen des Oktaëders. Sie ist angenähert ausgeführt, weil, wie die Beobachtung zeigt, es unmöglich erscheint, die zu den Flächen des Oktaëders wirklich zugehörenden Reflexe festzustellen.

Dieses Beispiel soll auch als solches der Unregelmässigkeit in der Anordnung der Subindividuen dienen (»skutschiwanie« von Jerofeev; »Hypoparallelität« von Sadebeck).

1	2	3	4	5	6	7	8
		Rohe Beobachtungen:		Umzählung:		Theoretische Grössen:	
Nr.	Symbol	A	α	A	α*)	A	α
1	(111)	305° 16′	315° 0′	54° 44′	45° 0′	54° 44′	45° 0′
2	$(1\bar{1}1)$	305 10	45 11	54 50	—45 11	54 44	—45 0
		305 16	44 58	54 44	—44 58		
3	$(\bar{1}\bar{1}1)$	305 $14\frac{1}{2}$	134 $34\frac{1}{2}$	—54 $45\frac{1}{2}$	45 $25\frac{1}{2}$	—54 44	45 0
		305 $10\frac{1}{2}$	134 36	—54 $49\frac{1}{2}$	45 24		
		305 $10\frac{1}{2}$	134 $41\frac{1}{2}$	—54 $49\frac{1}{2}$	45 $18\frac{1}{2}$		
		305 $4\frac{1}{2}$	134 $55\frac{1}{2}$	—54 $55\frac{1}{2}$	45 $4\frac{1}{2}$		
		305 20	134 $58\frac{1}{2}$	—54 40	45 $1\frac{1}{2}$		
4	$(\bar{1}11)$	305 12	225 $17\frac{1}{2}$	—54 48	—45 $17\frac{1}{2}$	—54 44	—45 0
		305 20	225 1	—54 40	—45 1		
		305 30	224 $51\frac{1}{2}$	—54 30	—44 $51\frac{1}{2}$		

Um diese Beobachtungen graphisch, wie gewöhnlich, darzustellen, muss man ein sehr grosses Projectionsnetz zu Grunde legen. Ich habe ein so grosses Netz vorausgesetzt, dass an den zu der Projection $(111)_4$ nächsten Stellen der $2\frac{1}{2}$ Minuten betragende Winkel A (Breitenwinkel) der Länge von 1 mm entsprach. In diesem Maassstabe sind alle Beobachtungen in der beigegebenen Figur dargestellt; nur sind die Theile dem Mittelpunkte in paralleler Lage an-

Fig. 29.



*) Man darf nicht ausser Acht lassen, dass die Bedeutung der Winkelgrössen von α für verschiedene Breiten verschieden ist; so bedeutet z. B. die Breite 54° 44′ nur 0,816 des Winkels A.

genähert, wie dies durch den Kreis, welcher die Breite 54° 44′ angiebt, angezeigt wird. Die Geraden bedeuten die Zonen [110] und $[1\bar{1}0]$.

Aus der Figur ersieht man, dass in der Anordnung der Subindividuen wirklich keine Regelmässigkeit und Gesetzmässigkeit zu finden ist.

Beobachtete Combination $(\mathit{111})_4$.

Symmetrieart: (Hexakis-)oktaëdrisch.

Hexagonales System.

3. Beryll (Ilmengebirge).

(Dimensionen 5 mm × 5 mm × 4 mm.)

Orientirung und Justirung nach der Zone [111] und Fläche $(2\bar{1}\bar{1})$.

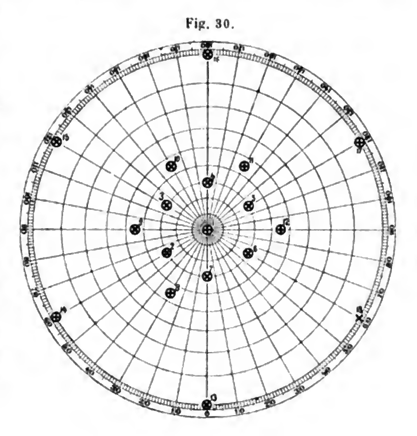
1	2	3	4	5	6	7	8
Nr.:	Symbol:	Rohe Beobachtungen.		Umzählung:		Berechnete Grössen:	
		A	α	A	α	A	α
1	(111)	359° 58½′	—	0° 1½′	—	0° 0′	—
2	$(2\bar{1}2)$	330 4	60° 0′	29 56	—60° 0′	29 56½	—60° 0′
3	(001)	330 5½	119 58½	—29 54½	60 1½	—29 56½	60 0
4	$(\bar{1}22)$	330 4	180 2	—29 56	— 0 2	—29 56½	0 0
5	(010)	330 3½	240 4	—29 56½	—60 4	—29 56½	—60 0
6	$(22\bar{1})$	330 1½	300 3½	29 58½	59 56½	29 56½	60 0
7	(100)	330 3	0 0	29 57	0 0	29 56½	0 0
8	$(4\bar{2}1)$	315 3	30 0½	44 57	—30 0½	44 56	—30 0
9	$(1\bar{2}4)$	315 3	89 59	44 57	—89 59	44 56	—90 0
		315 4½	89 55	44 55½	—89 55	44 56	—90 0
10	$(\bar{2}14)$	315 6½	149 59	—44 53½	30 1	—44 56	30 0
11	$(\bar{2}41)$	315 3	210 2½	—44 57	—30 2½	—44 56	—30 0
12	$(14\bar{2})$	315 2	270 2½	44 58	89 57½	44 56	90 0
13	$(2\bar{1}\bar{1})$	269 56	359 58½	[89 56]	0 1½	90 0	0 0
		269 59	359 55	[89 59]	0 5	90 0	0 0
14	$(1\bar{2}1)$	270 0½	59 59	89 59½	—59 59	90 0	—60 0
15	$(\bar{1}\bar{1}2)$	270 3½	119 57½	—89 56½	60 2½	—90 0	60 0
16	$(\bar{2}11)$	270 2	179 59	—89 58	0 1	—90 0	0 0
17	$(\bar{1}2\bar{1})$	269 57½	239 58½	—[89 57½]	—59 58½	—90 0	—60 0
18	$(11\bar{2})$	270 0	300 1½	90 0	59 58½	90 0	—60 0

Die Beobachtungen sind in der Figur auf S. 655 graphisch angegeben. Daraus kann auf die Ausbildung der Flächen und die Genauigkeit geschlossen werden.

Die Beobachtungen 2—7, 8—12, 13—18 sind das beste Zeugniss für die Anwesenheit der sechszähligen Symmetrieaxe (Hauptaxe). Kleine, die Fehlergrösse übertreffende Unregelmässigkeiten in den Beobachtungsgrössen der 3. und 5. Columne zeigen aufs Deutlichste, dass selbst in der Ausbildung so vollkommener Flächen kleine Abweichungen obwalten. Diese

Abweichungen lassen sich zweifellos durch die genaue Justirung nach je zwei Flächen der Zone [111] constatiren, ebenso bei der genauen Justirung nach drei Flächen einer schiefen Zone. Diese Justirungen zeigen nämlich, dass sie im Allgemeinen für die gewählten zwei resp. drei Flächen der Zone genau sind und für alle anderen nicht.

Fig. 30.



Zur Berechnung übergehend, wählen wir als die genauesten Beobachtungszahlen 2—7 der Columne 5, nehmen als die richtige die mittlere Winkelgrösse 29° 56′ 24″ und führen diese Grösse des Winkels A in Formel (35) ein.

Wir finden dann:

$$\frac{3m}{m-1} = -2{,}0613 \quad \text{oder} \quad m = 0{,}40727\,.$$

Daraus

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0 + 0{,}4851p : p_1 + 0{,}4851p : p_2 + 0{,}4851p\,,$$

wo

$$p = p_0 + p_1 + p_2$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 - 1{,}1912r : r_1 - 1{,}1912r : r_2 - 1{,}1912r\,,$$

wo

$$r = r_0 + r_1 + r_2\,.$$

Dieselben Gleichungen sind auch in der Form darzustellen;

$$p_0' : p_1' : p_2' = 2{,}0613p_0 + p : 2{,}0613p_1 + p : 2{,}0613p_2 + p$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = 5{,}0613r_0 - r : 5{,}0613r_1 - r : 5{,}0613r - r\,.$$

Ebenso umgekehrt

$$p_0 : p_1 : p_2 = 5{,}0613p_0' - p' : 5{,}0613p_1' - p' : 5{,}0613p_2' - p'$$

und

$$r_0 : r_1 : r_2 = 2{,}0613r_0' + r' : 2{,}0613r_1' + r' : 2{,}0613r_2' + r',$$

wo

$$p' = p_0' + p_1' + p_2' \quad \text{und} \quad r' = r_0' + r_1' + r_2'\,.$$

Für das hexagonale System ist die Berechnung der projectiven Symbole überflüssig, weil die Formel (28) (S. 643) uns in den Stand setzt, die directe Berechnung der gewöhnlichen Symbole auszuführen.

Als Beispiel der Berechnung wählen wir die beiden unter Nr. 9 angegebenen Beobachtungszahlen.

Für die erste erhalten wir 1 : — 2,0020 : 4,0018
" " zweite " " 1 : — 1,9994 : 3,9992.

Somit sind beide Flächen sehr genau mittelst des Symbols $(1\bar{2}4)$ auszudrücken, besonders aber die zweite; die erste Fläche, welche übrigens einen ebenso guten Reflex lieferte, ist als Resultat einer Unregelmässigkeit in der Ausbildung anzusehen.

Das vollständige Symbol der beobachteten Combination ist:

$$\pm|2\bar{1}\bar{1}|_3 . \pm|111|_3 , \pm|100|_3 . \pm|41\bar{2}|_3 .$$

Symmetrieart: Dihexagonal-bipyramidal.

4. Quarz (Porto Seuto in Corsica).

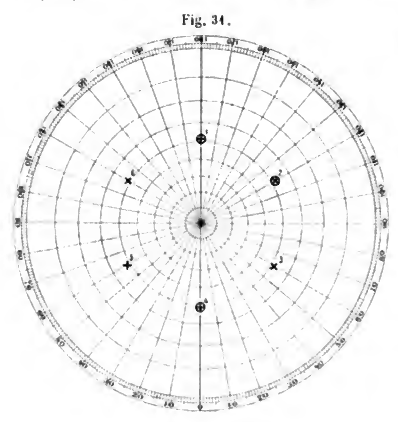
(Dimensionen 1½ mm × 1½ mm × 1½ mm.)

Orientirung nach der Zone [111] und nach der Fläche $(2\bar{1}\bar{1})$.

Justirung nach der schiefen Zone der Flächen + $(100)_3$ und $-(100)_3$.

1	2	3	4	5	6	7	8
Nr.:	Symbol:	Rohe Beobachtungen:		Umzählung:		Berechnete Grössen:	
		A	α	A	α	A	α
1	$(\bar{1}22)$	308° 14′	180° 0′	—51° 46′	0° 0′	—51° 47½′	0° 0
2	(010)	308 11½	239 59	—51 48½	—59 59	—51 47½	—60 0
3	$(22\bar{1})$	308 6½	299 59	51 53½	60 1	—	—
		308 14	300 0½	51 46	59 59½	51 47½	60 0
4	(100)	308 12	359 54½	51 48	— 0 5½	51 47½	0 0
5	$(2\bar{1}2)$	308 12	60 3	51 48	—60 3	51 47½	—60 0
6	(001)	308 13	119 55	—51 47	60 5	—51 47½	60 0

Fig. 31.



Die Beobachtungen sind in Figur 31 graphisch dargestellt. Daraus ist zu ersehen, dass die besten Beobachtungen sich auf die Flächen 1, 2 und 4 beziehen. Indem wir aus diesen besten Zahlen den Mittelwerth nehmen, finden wir 51° 47½′ als den von der Normalen zu einer Fläche $(100)_3$ mit der Verticalaxe gebildeten Winkel.

Ziehen wir in Betracht, dass die Projectivitätsgleichungen die Form haben

$$p_0' : p_1' : p_2' = kp_0 + p : kp_1 + p : kp_2 + p \ (p = p_0 + p_1 + p_2) ,$$

so finden wir für die Cotangente des Winkels zwischen den Flächen (111) und (100) die Grösse

$$\frac{k+3}{k \cdot \sqrt{2}} = \cot (51^0\ 47\tfrac{1}{2}') .$$

Daraus berechnen wir $k = 26{,}48$ und somit die Projectivitätsgleichungen

$$p_0' : p_1' : p_2' = 26{,}48 p_0 + p : 26{,}48 p_1 + p : 26{,}48 p_2 + p$$

und $$r_0' : r_1' : r_2' = 29{,}48\, r_0 - r : 29{,}48\, r_1 - r : 29{,}48 r_2 - r .$$

Aus der Grösse $k = 26{,}48$ lässt sich auch die Grösse $m = 0{,}8982$ berechnen.

Die beobachtete Combination drückt sich durch das Symbol

$$(1'0'0')_3 \ ; \ (2'2'\bar{1}')_3$$

aus.

Symmetrieart: Trigonal-trapezoëdrisch.

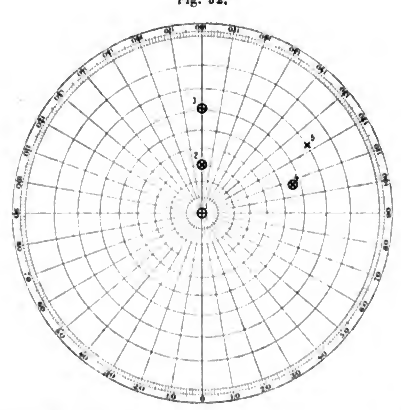
Tetragonales System.

5. Zirkon (Ilmengebirge).

(Dimensionen 6 mm × 5 mm × 3 mm.)

Orientirung nach einer beliebigen Kantenzone (Fläche) und nach einer beliebigen Kante.

Fig. 32.



Nr.:	Symbol:	Rohe Beobachtung:		Umzählung:	
		A	α	A	α
1	(111)	0° 0′	—	0° 0′	—
2	(311)	29 55	0° 0′	—29 55	0° 0′
3	(100)	61 38	0 0	—61 38	0 0
4	(1$\bar{1}$1)	303 20	253 4	—56 40	—73 4
5	(2$\bar{2}$1)	289 57	236 51	—70 3	—56 51

Nach der Beschaffenheit der Fläche 1 ist anzunehmen, dass diese eine Fläche der Hauptbipyramide ist.

Nun können wir unmittelbar aus der Tabelle schliessen, dass 4 die zweite Fläche derselben Bipyramide ist, weil der Winkel (56° 40′) für Zirkon charakteristisch ist.

Dies genügt, um die Projectivitätsgleichungen daraus zu berechnen. Die letzteren haben für das tetragonale System die Form

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0 : p_1 : c p_2 . \tag{A}$$

Geben wir der Fläche 1 das Symbol (111) und der Fläche 4 das Symbol (111), so finden wir

$$k = \cos(56^0\, 40') = \frac{c^2}{2 + c^2}; \quad \text{daraus } c^2 = \frac{2k}{1 - k} = \frac{1{,}09902}{0{,}45049},$$

ferner
$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0 : p_1 : 1{,}5619\, p_2 \tag{a}$$
und
$$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 : r_1 : 0{,}64024\, r_2 , \tag{b}$$
sowie umgekehrt
$$p_0 : p_1 : p_2 = p_0' : p_1' : 0{,}64024\, p_2' \tag{c}$$
und
$$r_0 : r_1 : r_2 = r_0' : r_1' : 1{,}5619\, r_2' . \tag{d}$$

Mit Hülfe dieser Projectivitätsgleichungen ist es jetzt leicht, die Symbole aller anderen Flächen zu berechnen.

Zuerst bestimmen wir das Symbol der Zone der Flächen 1, 2 und 3.

Die Zone der Flächen 1 und 4 hat das Symbol [$\bar{1}$01], die Fläche 1 das Symbol (111) und der Winkel, welchen die bekannte Zone mit der unbekannten bildet, ist 73° 4′.

Nach der Formel (15) (S. 636) finden wir somit

$$x_0 : x_1 : x_2 = -1 + \frac{0{,}6402}{R' \cot(73^0\, 4')} : - \frac{2{,}2021}{R' \cot(73^0\, 4')} : 1 + \frac{1{,}5619}{R' \cot(75^0\, 1')},$$

wo $R' = \sqrt{2 + (1{,}5619)^2}$

oder $x_0 : x_1 : x_2 = -\, 0{,}0020 : -\, 3{,}4328 : 3{,}4348$ oder [0$\bar{1}$1].

Jetzt können wir nach derselben Formel (15) die Indices der Flächen 2 und 3 berechnen, weil die von diesen Flächen mit der Fläche 1 gebildeten Winkel bekannt sind.

Für die Fläche 2 finden wir $r = [01\bar{1}]$; $p = (111)$; $\alpha = 29^0 55'$; also

$$x_0 : x_1 : x_2 = 2 + \frac{2,2021}{R' \cot \alpha} : 1 - \frac{0,6402}{R' \cot \alpha} : 1 - \frac{1}{R' \cot \alpha \cdot 1,5619},$$

wo $R' = \sqrt{1 + (0,6402)^2}$

oder $2,997 : 1 : 1$, d. h. (311).

Das Symbol der Fläche 3 lässt sich auch dadurch bestimmen, dass die Fläche gleiche Winkel bildet mit 1 (111) und mit 4 ($1\bar{1}1$).

In der That, mit Hülfe der Formel (24) (S. 642) finden wir jetzt $\alpha' = \alpha_1 - \alpha_2 = 73^0 4'$; $A_1 = 56^0 40'$ und $A_2 = 61^0 38'$.

Nun setzen wir $\operatorname{tg} A_1 \cos \alpha' = \cot 66^0 7'$ ($\beta = 66^0 7'$) und $\cos (n_1 n_2) = \frac{\cos A_1}{\sin \beta} \sin (A_2 + \beta) = \cos 61^0 38'$.

Die Fläche 3 als Durchschnittsfläche der Zonen [110] und [$0\bar{1}1$] hat also das Symbol (100).

Jetzt bleibt nur die Bestimmung der Indices der Fläche 5 übrig, und soll an diesem Beispiele die Anwendung der Methode der irrationalen Zonen*) gezeigt werden.

Zuerst bestimmen wir die Winkel, welche diese Fläche mit den Flächen 4 ($1\bar{1}1$) und 3 (100) bildet. Wir finden $19^0 40'$ resp. $52^0 5'$.

In Anwendung der genannten Methode schreiben wir jetzt:

$$k = (1\bar{1}1) \quad k' = (1.\bar{1}.1,5619) \quad c_1 = \cos (19^0 40') \quad K = \sqrt{2 + (1,5619)^2}$$
$$l = (111) \quad l' = (1.1.1,5619) \quad c_2 = \cos (70^0 3') \quad L = \sqrt{2 + (1,5619)^2}$$
$$m = (100) \quad m' = (100) \quad c_3 = \cos (52^0 5') \quad M = 1.$$

$$\lg N_1 = \lg K + \lg c_1 - \lg L - \lg c_2 = 0,440888 = \lg 2,7599$$
$$\lg N_2 = \lg K + \lg c_1 - \lg M - \lg c_3 = 0,509038 = \lg 3,2288.$$

Folglich nehmen jetzt die Gleichungen

$$p_0' (N_1 l_0' - k_0') + p_1' (N_1 l_1' - k_1') + p_2' (N_1 l_2' - k_2') = 0$$

und $p_0' (N_2 m_0' - k_0') + p_1' (N_2 m_1' - k_1') + p'_2 (N_2 m_2' - k_2') = 0$

die folgende Form an

$$1,7599 \, p_0' + 3,7599 \, p_1' + 2,7488 \, p_2' = 0$$

und

$$2,2288 \, p_0' + p_1' - 1,5619 \, p_2' = 0.$$

Daraus berechnet man $p_0 : p_1 : p_2 = (2\bar{2}1)$.

Der untersuchte Krystallsplitter stellt also folgende Combination dar:

$$(111)_2; \; (100)_2; \; (311)_2; \; (221)_2.$$

Sonderbar erscheint die vollständige Abwesenheit der Flächen (221) und ($3\bar{1}1$), als ob die verticalen Symmetrieebenen fehlten.

---

*) Vierte analytisch-krystallographische Studie S. 24 (V. Kapitel).

Rhombisches Subsystem.

6. Topas*) (Ilmengebirge).

(Dimensionen des Splitters 6 mm × 6 mm × 4 mm.)

Orientirung nach der Zone [001] und Fläche (100).

Justirung nach der Zone [100] und Fläche (010)**).

Nr.:	Symbol:	Rohe Beobachtung: A	α	Umzählung: A	α	Berechnete Grössen: A	α
1	$(0\bar{2}1)$	297°42′	90° 0′	62°18′	—90° 0′	62°37′	—90° 0′
2***)	$(0\bar{1}1)$	316 0	90 2	—44 0	89 58	—44 0	90 0
3	$(\bar{1}\bar{2}0)$	270 0	133 15½	—90 0	46 44½	—90 0	46 32
4	(?)	269 54	137 21	—[89 54]	42 39		
5	$(\bar{1}\bar{1}0)$	269 59	151 20	—[89 59]	28 40		
		270 3	152 4	—89 57	27 56	—90 0	27 49
6	(110)	270 0	332 11	90 0	27 49	90 0	27 49
7	$(1\bar{1}0)$	270 1	27 49	89 59	—27 49	90 0	—27 49
		270 5	27 51	89 55	—27 51		
8	(?)	270 0	31 48	90 0	—31 48		
9	$(1\bar{2}0)$	270 0½	46 39	89 59½	—46 39	90 0	—46 32
10	(112)	45 45	152 22	45 45	27 38		
		45 49	152 8½	45 49	27 51½	45 58	27 49
11	(101)	60 59	179 52	60 59	0 8	61 20	0 0
12	$(1\bar{1}2)$	45 41	208 2	45 41	—28 2	45 58	—27 49
13	$(1\bar{1}3)$	33 46	210 43	33 46	—30 43	34 24	—27 49
14	(011)	43 25	90 24	43 25	89 36	44 0	90 0

Aus der beigegebenen Figur ersieht man, dass die besten Beobachtungen sich auf die Flächen 2 und 6 beziehen. Wir wollen die bezüglichen Zahlen zum Ausgangspunkt der Berechnungen nehmen.

Die Projectivitätsgleichungen haben die Form

$$p_0' : p_1' : p_2' = c_1 p_0 : p_1 : c_3 p_2 .$$

Nun entspricht der Fläche 2 das projective Symbol $(0 : 1 : c_3)$

*) Wie aus der beigegebenen Tabelle und Figur zu ersehen ist, finden in der Ausbildung der Flächen dieses Krystalls ausserordentliche Unregelmässigkeiten statt. In Folge dessen sind diese Beobachtungen zur Aufstellung der geometrischen Constanten nicht geeignet, sollen aber als ein Beispiel eines schlecht ausgebildeten Krystalls dienen.

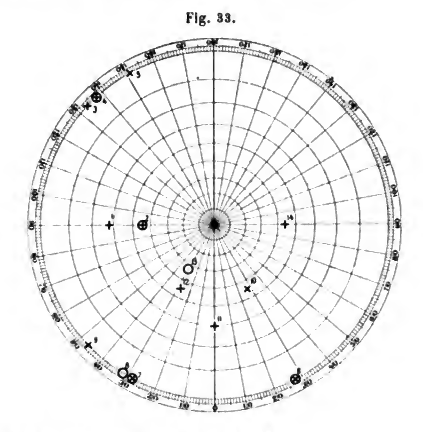
**) Die Justirung ist eigentlich derart ausgeführt, dass die Flächenreflexe 1 und 2 der Zone [100] bei der Einstellung 90° des verticalen Limbus beim Drehen um die verticale Axe durch den Mittelpunkt des Fadenkreuzes hindurchgehen.

***) Ausserdem wurde ein schlechter Reflex beobachtet, dessen Coordinaten 316° 30′; 90° 17′. Demnach scheint es, dass an dem beobachteten Krystall in der Lage der Fläche 2 eine beträchtliche Störung vorauszusetzen ist.

nach der Beobachtungstabelle ist dasselbe (0; 1; — cot 44° 0′)
und der Fläche 6 entspricht das projective Symbol (c_1; 1; 0);
nach der Beobachtungstabelle (cot (27° 49′); 1; 0).

Daraus findet man $c_3 = 1{,}0358$ und $c_1 = 1{,}8953$.

Fig. 33.



Die Projectivitätsgleichungen sind also *)

$$p_0' : p_1' : p_2' = 1{,}8953\ p_0 : p_1 : 1{,}0358\ p_2 = 1{,}8298\ \ p_0 : 0{,}9654\ p_1 : p_2$$

und $r_0' : r_1' : r_2' = 0{,}5276\ r_0 : r_1 : 0{,}9657\ r_2 = 0{,}54635\ r_0 : 1{,}0355\ r_1 : r_2$.

Umgekehrt $p_0 : p_1 : p_2 = 0{,}5276\, p_0' : p_1' : 0{,}9657\, p_2' = 0{,}54635\, p_0' : 1{,}0355\, p_1' : p_2'$

und $r_0 : r_1 : r_2 = 1{,}8953\, r_0' : r_1' : 1{,}0358\, r_2' = 1{,}8298\ \ r_0' : 0{,}9654\, r_1' : r_2'$.

Nach diesen Formeln sind die in der Tabelle aufgestellten Symbole berechnet, und auch umgekehrt sind nach den, den berechneten nächsten rationalen Symbolen die Coordinaten der Columnen 7 und 8 berechnet.

---

*) N. von Kokscharow giebt für Topaskrystalle aus seinen genauesten Messungen die Axeneinheiten $c : b : a = 0{,}528945 : 1 : 0{,}95403$ an. Man sieht, dass die an einem nicht sehr vollkommenen Krystalle erhaltenen Zahlen von diesen schon in der dritten Decimale differiren. Wenn man in Betracht zieht, dass nach den Daten desselben Beobachters die Differenz zwischen c_{max} und $c_{min} = 0{,}0009306$ und die Differenz zwischen a_{max} und $a_{min} = 0{,}0132178$ (dies wurde aus den gut reflectirenden Flächen *M* und *y* ermittelt), so wird klar, dass nur die drei ersten Decimalen als zuverlässig, die anderen als illusorisch zu betrachten sind (Mater. zur Min. Russlands **10**, 350).

Die untersuchten Topaskrystalle sind keineswegs unter die ausgezeichnet ausgebildeten zu stellen, wie dies unmittelbar die Vergleichung der beobachteten und

Die Vergleichung der beobachteten und der berechneten Werthe zeigt einen sehr ansehnlichen Unterschied. Da aber die Zahlen dieses Unterschiedes weitaus die Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler übertreffen, so bezeugen diese Zahlen die Unregelmässigkeit in der Krystallausbildung selbst.

Uebrigens darf auch die Bedeutung dieser Unregelmässigkeiten nicht übertrieben werden. Um dies zu charakterisiren, will ich die einem der schlechtesten Reflexe angehörende Zahl 13 in die Rechnung einführen. Ihr entspricht das projective Symbol cos (—30° 43′) : sin (—30° 43′) : cot 33° 46′. Indem wir diese Zahlen in die Formel (c) substituiren, finden wir: 0,92; — 1,06; 3,00.

Ganz vereinzelt stehen die der Verticalzone angehörenden Flächen 4 und 8. Die entsprechenden Zahlen hätten zu sehr complicirten Indices geführt; ausserdem würden diese Flächen isolirt vertreten sein, d. h. diejenigen anderen Flächen, welche dem Symmetriegesetze zufolge ihnen gleichwerthig sein sollten, an dem ausgebildeten Theile des Krystalls vollständig fehlen.

Deswegen scheint es mir naturgemässer, diese Abweichungen als grossartige Unregelmässigkeiten in der Ausbildung und der Vertheilung der Subindividuen aufzufassen.

Bemerkenswerth erscheint dabei, dass die beiden so sehr unregelmässig gelegenen Flächen mit je einer der nächsten einen 4° nahe stehenden Winkel bilden, und zwar die Fläche 4 mit 3 und die Fläche 8 mit 7; die beiden vereinzelt stehenden Individuen sind fast parallel.

An dem Krystall ist also folgende Combination nachgewiesen:

$$(110)\cdot(120)\cdot(011)\cdot(021)\cdot(112)\cdot(1\bar{1}3)\cdot(101).$$

Symmetrieart: Rhombobipyramidal.

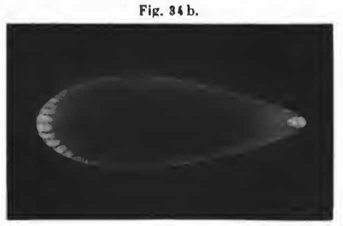
---

berechneten Grössen angiebt. Besonders merkwürdig sind aber die an einem anderen Krystalle derselben Gruppe beobachteten und gezeichneten Unregelmässigkeiten der

Fig. 34 a.



Fig. 34 b.



Reflexe. Fig. 34 a zeigt einen dem zweiten Pinakoid (010) und Fig. 34 b einen dem Prisma erster Art (011) angehörenden Reflex. Man sieht, dass diese Unregelmässigkeiten dem Symmetriegesetz untergeordnet sind.

Monoklines Subsystem.

7. Epidot (Sulzbachthal).

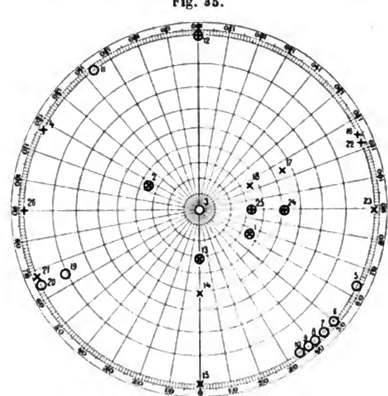
(Dimensionen 13 mm × 7 mm × 4 mm.)

Orientirung und Justirung nach der Zone [010] und Fläche (001).

1	2	3	4	5	6	7	8
		Rohe Beobachtung:		Umzählung:		Berechnete Grössen:	
Nr.:	Symbol:	A	α	A	α	A	α
1	(111)	324° 50′	296° 22½′	35° 10′	63° 37½′	35° 11′	63° 37½′
		324 48	296 20	35 12	63 40		
2	$(\bar{1}1\bar{1})$	35 18½	296 19	— 35 18	63 41		
		35 16	296 22	— 35 16	63 38	—35 11	63 37½
3	(010)	358 57	—	1 3	—	0 0	—
4	$(\bar{1}0\bar{1})$	90 2	297 45	—[89 58]	62 15	—90 0	63 37½
5	(101)	270 2	296 27	89 58	63 33	90 0	63 37½
6	?	270 2	310 9	89 58	49 51		
7	?	270 3	314 49	89 57	45 11		
		270 2	314 56	89 58	45 4		
8	?	270 2	318 57	89 58	41 3		
9	?	270 2	321 38	89 58	38 22		
10	(102)	270 2	325 26	89 58	34 34	90 0	34 20
11	$(\bar{1}0\bar{2})$	90 1	323 30	—[89 59]	36 30	—90 0	34 20
12	$(00\bar{1})$	89 55	0 9	— 89 55	—0 9	—90 0	0 0
13	(011)	328 28	359 56	31 32	0 4	31 27	0 0
		328 30	359 46	31 30	0 14		
		328 26	0 9	31 34	—0 9		
14	(012)	309 16½	0 4	50 53½	—0 4	50 44	0 0
15	(001)	270 0	0 0½	90 0	—0 0½	90 0	0 0
		270 1	359 54½	89 59	0 5½		
16	(100)	89 55	64 59	—89 55	—64 59	—90 0	—64 42
17	(210)	54 30	64 45	—54 30	—64 45	—54 28	—64 42
		54 31	64 43	—54 31	—64 43		
18	(110)	35 0	64 43	—35 0	—64 43	—34 56	—64 42
19	(10·1·0)?	278 35	64 39	81 25	—64 39	81 51	—64 42
20	(100)	269 55	64 41	[89 55]	—64 41	90 0	—64 42
21	?	269 57	67 42	[89 57]	—67 42		
22	?	89 56	67 53	— 89 56	—67 53		
		89 51	67 53	— 89 51	—67 53		
23	(201)	89 55	90 40	89 55	89 20	90 0	89 20
24	(211)	51 37	90 40	51 37	89 20	51 38	89 20
25	(221)	32 17	90 43	32 17	89 17	32 17	89 20
26	$(\bar{2}0\bar{1})$	269 56	90 23	—[89 56]	89 37	—90 0	89 20

Die Beobachtungen sind in der beigegebenen Figur eingetragen. Man sieht, dass die besten Beobachtungen 1, 24 und 25 sind*). Der ersten

Fig. 35.



Fläche gebe ich das Symbol (111), der Fläche 15 (001), der Fläche 23 (201) und entnehme endlich aus der Beobachtung 24 die Winkelgrösse $\alpha = 89^0 20'$.

Der Genauigkeit wegen sind diese Grundbeobachtungen verschiedene Male repetirt worden und im Durchschnitt gefunden

	A	α
für die Fläche (111)	35°11′	63°37½′
- (201)**)	—	89 20

Geben wir der Projectivitätsgleichung die Form

$$p_0' : p_1' : p_2' = A_1 p_0 : p_1 : A_2 p_0 + A_3 p_2,$$

so entspricht der Fläche (111) das projective Symbol $A_1 \quad 1 \quad A_2 + A_3$
- (201) - - - $2A_1 \quad 0 \quad 2A_2 + A_3$.

Nach der Beobachtungstabelle sind dieselben

für Fläche (111) $\quad \frac{\sin\,(63^0 37\frac{1}{2}')}{\cot\,(35^0 11')} \quad 1 \quad \frac{\cos\,(63^0 37\frac{1}{2}')}{\cot\,(35^0 11')}$

für Fläche (201) $\quad \sin\,(89^0 20') \quad 0 \quad \cos\,(89^0 20')$.

Deshalb ist $A_1 = \frac{\sin\,(63^0 37\frac{1}{2}')}{\cot\,(35^0 11')} = 0{,}6316$

$$A_2 = \cos\,(89^0 20') \cdot 1{,}2632 - \frac{\cos\,(63^0 37\frac{1}{2}')}{\cot\,(35^0 11')} = -\,0{,}2985$$

*) Von den anderen besten Reflexen giebt 2 nichts Neues, und 13 liefert drei Paare von Zahlen, von denen es fraglich ist, welche der richtigen Lage entspricht.

**) Eigentlich für die Zone der Flächen 24 und 25, d. i. [10$\bar{2}$].

$$A_3 = \frac{\cos(63^0 37\tfrac{1}{2}')}{\cot(35^0 11')} - A_2 = 0,3132 + 0,2985 = 0,6117.$$

Also

$$p_0' : p_1' : p_2' = 0,6316\, p_0 : p_1 : -0,2985\, p_0 + 0,6117\, p_2 \qquad \text{(a)}$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = 1,5833\, r_0 + 0,7726\, r_2 : r_1 : 1,6348\, r_2, \qquad \text{(b)}$$

ebenso umgekehrt

$$p_0 : p_1 : p_2 = 1,5833\, p_0' : p_1' : 1,6348\, p_0' - 0,7726\, p_2' \qquad \text{(c)}$$

und

$$r_0 : r_1 : r_2 = 0,6316\, r_0' - 0,2985\, r_2' : r_1' : 0,6117\, r_2'. \qquad \text{(d)}$$

Bei der Berechnung ist die Ordnung der Coordinatenaxen nicht ausser Acht zu lassen. Das projective Symbol wird jetzt durch die Relation $\sin\alpha : \cot A : \cos\alpha$ bestimmt.

Die Columnen 7 und 8 sind nach der Formel (a) berechnet.

Der Vergleich dieser beiden Columnen mit den Columnen 5 und 6 zeigt Unterschiede, welche wieder die möglichen Beobachtungsfehler bei Weitem übertreffen.

In der Zone [010] findet man eine Reihe von Flächen (6, 7, 8, 9, 21, 22) von zweifelhafter Lage. Die letzten beiden bilden mit den nächsten einen Winkel von ungefähr 3⁰. Also findet man auch hier eine analoge Erscheinung wie bei dem Topas.

Die beobachtete Combination ist:

(*001*) (*100*) (*201*) (*102*) (*101*) (*111*) (*211*) (*221*) (*011*)
(*012*) (*110*) (*210*) (*010*) (*10·1·0*) (?)

Symmetrieart: R h o m b o p r i s m a t i s c h.

Vielleicht wäre die Orientirung der monoklinen Krystalle noch zweckmässiger, wenn man die Axe [001] vertical aufstellt. In diesem Falle liegen die Pole dieser Zone in der horizontalen Geraden, und der Fläche (100) entsprächen die Coordinaten (90⁰0'; 90⁰0').

Alsdann werden die projectiven Symbole ebenfalls durch die Relation $\sin\alpha : \cot A : \cos\alpha$ bestimmt.

Die Projectivitätsgleichungen haben jedoch die Form

$$p_0' : p_1' : p_2' = A_1\, p_0 + A_2 p_2 : p_1 : A_3 p_2.$$

Um jetzt die neuen Coëfficienten zu berechnen, berücksichtigen wir, dass das projective Symbol der Fläche (001) $A_2;\ 0;\ A_3$ ist
und nach der Beobachtungstabelle*) $\sin(-25^0 16\tfrac{1}{2}');\ 0;\ \cos(-25^0 16\tfrac{1}{2}')$
das projective Symbol der Fläche (211) $2A_1 + A_2;\ 1;\ A_3$
und nach der Beobachtungstabelle $\sin(64^0 2\tfrac{1}{2}');\ \cot(51^0 37');\ \cos(64^0 2\tfrac{1}{2}')$.

Daraus berechnen wir

*) Von den Zahlen der Beobachtungstabelle für α sind 25⁰16' zu subtrahiren (als Mittel der Zahlen Nr. 17).

$$A_3 = \frac{\cos(64^\circ 2\frac{1}{2}')}{\cot(51^\circ 37')} = 0{,}5526$$

$$A_2 = -A_3 \operatorname{tg}(25^\circ 16\frac{1}{2}') = -0{,}2609$$

$$A_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{\sin(64^\circ 2\frac{1}{2}')}{\cot(51^\circ 37')} - A_2\right) = 0{,}6995.$$

Also sind die gesuchten Projectivitätsgleichungen

$$p_0' : p_1' : p_2' = 0{,}6995\, p_0 - 0{,}2609\, p_2 : p_1 : 0{,}5526\, p_2 \tag{a}$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = 1{,}4296\, r_0 : r_1 : 0{,}6750\, r_0 + 1{,}8097\, r_2, \tag{b}$$

sowie umgekehrt

$$p_0 : p_1 : p_2 = 1{,}4296\, p_0' + 0{,}6750\, p_2' : p_1' : 1{,}8097\, p_2' \tag{c}$$

und

$$r_0 : r_1 : r_2 = 0{,}6995\, r_0' : r_1' : -0{,}2609\, r_0 + 0{,}5526\, r_2'. \tag{d}$$

Diesen Gleichungen entsprechend sind die graphischen Elemente in Fig. 7, Taf. XIII dargestellt.

8. Euklas*) (vom Ural).

(Dimensionen 22 mm × 14 mm × 6 mm.)

Orientirung und Justirung nach der Zone [001] und Fläche (100).

N.:	Symb.:	Rohe Beobachtung: A	α	Umzählung: A	α	Ber. Grössen: A	α
1	(100)	270° 2′	0° 0′	89°58′	0° 0′	90°0′	0° 0′
2	$(1\bar{1}0)$	270 0	19 15 — 23°20′	90 0	(— 19 15) — (—23°20)′	90 0	—17 40
3	$(1\bar{2}0)$	269 55½	32 30	[89 55½]	— 32 40	90 0	—32 29
4	$(0\bar{1}0)$	269 57	90 1	—[89 57]	89 59	—90 0	90 0
5	$(\bar{1}\bar{2}0)$	270 0	147 31½	—90 0	32 28½	—90 0	32 29
		269 58	149 2	—[89 58]	30 58		
6	?	270 0	152 58	—90 0	27 2		
7	$(\bar{1}\bar{1}0)$	270 0	160 15 —160 38	—90 0	19 45 — 19 22		
		270 0	164 25 —164 55	—90 0	18 35 — 18 5	—90 0	17 40
8	$(\bar{1}00)$	270 0	179 48 —180 0	—90 0	0 12 — 0 0	—90 0	0 · 0
9	?	269 54	189 55	—[89 54]	— 9 55		
10	$(\bar{1}10)$	270 0	195 25 —196 15	—90 0	(—15 25) — (—16 15)		
		270 0	197 40 —198 50	—90 0	(—17 40) — (—18 50)	—90 0	—17 40
11	?	270 0	200 50 —207 30	—90 0	(—20 50) — (—27 30)		
12	$(\bar{1}20)$	270 0	212 29	—90 0	—32 29	—90 0	—32 29
13	(010)	270 0½	270 1	89 59½	89 59	90 0	90 0
14	(120)	269 58	327 31	[89 58]	32 29	90 0	32 29
15	?	270 0	337 0 —339 40	90 0	23 0 — 20 20		

Ausser den in dieser Tabelle angegebenen Flächen wurden noch zwei beobachtet, deren Coordinaten (309°49′; 230°33′) und (311°21½′; 142°30′). Diese sehr grossen Flächen sind aber offenbar etwas angeschliffen, weshalb die entsprechenden Zahlen sich nicht zur Rechnung eignen.

*) Das Exemplar gehörte Herrn K. Chrustschoff, welcher es später dem Nanal-Museum in Washington geschenkt hat.

An demselben Krystall fanden sich noch drei Flächen der Zone [100] (?); dieselben sind aber grob matt und liefern keine Spur eines Reflexes.

In Folge dessen mache ich keinen Versuch, daraus die geometrischen Constanten zu bestimmen, und beschränke mich auf die zonalen Rechnungen.

Diese Berechnungen will ich auf eine bekannte Formel*) gründen, welche die Rationalität des Doppelverhältnisses von vier Flächen ausdrückt und welche man jetzt in der Form angiebt:

$$\frac{\sin(PP'')}{\sin(P'P'')} : \frac{\sin(PP''')}{\sin(P'P''')} = (pp'p''p''') = \frac{(pp'')_i}{(p'p'')_i} : \frac{(pp''')_i}{(p'p''')_i}.$$

Hier bedeuten P, P'.. die Normalen zu den Flächen p, p' ..., und i eine der Zahlen 0, 1, 2.

Indem wir den zweiten Theil dieser Gleichung unverkürzt angeben und dabei $i = 2$ annehmen, erhalten wir

$$(pp'p''p''') = \frac{(p_0 p_1'' - p_1 p_0'')}{(p_0' p_1'' - p_1' p_0'')} : \frac{(p_0 p_1''' - p_1 p_0''')}{(p_0' p_1''' - p_1' p_0''')}.$$

Legen wir jetzt den Flächen p und p' die Symbole (100) und (010) bei, da diese Flächen zu einander senkrecht sind, so haben wir $\sin(P'P'') = \cos(PP'')$ und $\sin(P'P''') = \cos(PP''')$, also:

$$\operatorname{tg}(PP'') : \operatorname{tg}(PP''') = p_1'' p_0''' : p_0'' p_1'''.$$

Wenn wir noch der Fläche p''' das Symbol (120) beilegen und bemerken, dass jetzt $PP''' = 32^0 29'$, so finden wir endlich:

$$\operatorname{tg}(PP'') = \frac{p_1'' \operatorname{tg}(32^0 29')}{2 p_0''} \text{ und umgekehrt } \frac{p_1''}{p_0''} = \frac{2 \operatorname{tg}(PP'')}{\operatorname{tg}(32^0 29')}.$$

Nach diesen beiden Formeln sind sämmtliche Berechnungen ausgeführt worden. Dabei findet man für 6, 9, 11 und 15 Zahlen, welche von den einfachsten weit entfernt sind und deswegen nicht den Flächen in ihrer ungestörten Lage angehören können. Es ist z. B. sehr wahrscheinlich, dass auch der Reflex 15 der Fläche (110) angehört. Aber dabei muss die Störung ganz enorm angenommen werden; wenn z. B. auch der Reflex 6 auf die Fläche $(\bar{1}\bar{2}0)$ bezogen werden soll, so steigt die Grösse der Abweichung von der normalen Lage bis auf $5\frac{1}{2}^0$.

Die beobachtete Combination ist:

(120); *(110)*; *(010)*; *(100)*.

Symmetrieart: Rhomboprismatisch.

---

*) Liebisch, Geometr. Kryst. § 1. Auch zweite analytisch-krystallographische Studie des Verfassers § 14.

Triklines Subsystem.

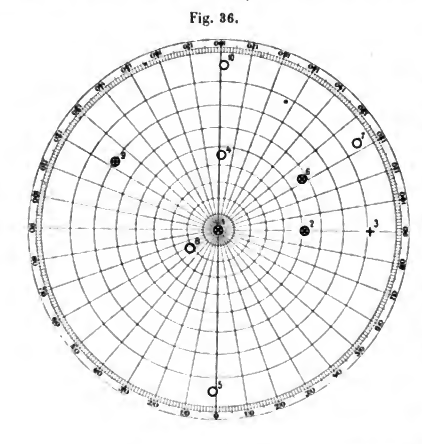
9. Anorthit (Vesuv).

(Dimensionen 6 mm × 4½ mm × 1½ mm.)

Orientirung nach der Kantenzone (Fläche) (001) und nach der Kante [010].
Justirung nach der Fläche (001) und Kante [010].

Nr. Symb.	Rohe Beobachtungen: A 1. Beob.:	2.	3.	Mittel:	α 1.	2.	3.	Mittel:	Umzählung: A	α	Berechnet: A	α
1 (001)	0° 0′	+0°0′	+0°0′	0° 0′	—	—	—	—	0° 0′	—	0° 0′	—
2 $(\bar{1}01)$	308 37	—0 0½	—0 0½	308 36½	180° 0′	+0°0′	+0°0′	180° 0′	51 23½	90° 0′	51 23½	90° 0′
3 $(\bar{2}01)$	278 53	—0 3	—0 1	278 52	180 0	—0 1	—0 3	179 59	—81 8	—89 59	—81 13	—90 0
4 $(0\bar{2}1)$	46 54	—0 4	—0 5	46 51½	271 19	—0 0½	+0 1	271 19	—46 51½	— 1 19	—46 42	— 1 28
5 (010)	274 31	—0 2	—0 1	274 30	271 12	+0 3	—0 1	271 13	85 30	— 1 13	86 5	— 1 28
6 $(\bar{1}\bar{1}1)$	57 48	+0 1	+0 1	57 49	327 54	+0 1½	+0 2½	327 55	—57 49	—57 55	—57 49	—57 55
7 $(\bar{2}\bar{2}1)$	84 47	—0 1	+0 1	84 47	327 27	+0 5	+0 3	327 30	—84 47	—57 30	—84 44	—57 53
8 (112)	338 7	+0 5	+0 3	338 10	327 26	+0 6	+0 5	327 30	21 50	—57 30	21 6	—57 55
9 $(1\bar{1}0)$	290 44	+0 1	+0 1½	290 45	32 56	+0 0	+0 0	32 56	—69 15	57 4	—69 15	57 4
10 $(0\bar{1}0)$	265 52	—0 1	—0 1	265 51	91 2	+0 4	+0 8	91 6	—94 9	— 1 6		
	266 13	+0 1	+0 2	266 14	91 2	—0 2	—0 2	91 1	—93 46	— 1 1	93 55	— 1 28

Fig. 36.



Die Resultate sind in der beigegebenen Figur dargestellt worden. Man sieht daraus, dass die besten Beobachtungen sich auf die Flächen 1, 2, 6 und 9 beziehen, und die entsprechenden Zahlen wollen wir daher zum Ausgangspunkt der Berechnung nehmen. Der Fläche 1 geben wir das Symbol (001), der Fläche 2 $(\bar{1}01)$, der Fläche 6 $(\bar{1}\bar{1}1)$ und der Fläche 9 $(1\bar{1}0)$.

Da aber nun der Krystall nach der Kantenzone (001) und der Kante [010] orientirt ist, so haben die Projectivitätsgleichungen die Form:

$$r_1' : r_0' : r_2' = A_1 r_1 + A_2 r_0 + A_3 r_2 : A_4 r_0 + A_5 r_2 : r_2 \quad \text{und} \quad p_1' : p_0' : p_2' = p_1 : B_1 p_1 + B_2 p_0 : B_3 p_1 + B_4 p_0 + B_5 p_2$$

Bei der Anwendung dieser Formeln sind jedes Mal die beiden ersten Indices zu vertauschen. Wenn wir jetzt die so erhaltenen Symbole mit doppelter Parenthese versehen, finden wir, dass der Fläche 2

$(\bar{1}01) = ((0\bar{1}1))$ das projective Symbol $\quad 0;\ -B_2;\ -B_4+B_5$

$$\text{oder } 0;\ 1;\ \frac{B_4-B_5}{B_2} \text{ angehört,}$$

nach der Beobachtungstabelle aber $(\cos 90^0 0')$; $\sin (90^0 0')$; $\cot (51^0 23\frac{1}{2}')$.

Wir haben jetzt bei der Umzählung der Zahl α die Grösse 90^0 hinzugefügt, damit der Kante, deren projectives (und auch gewöhnliches) Symbol $[010] = ([100])$, die Coordinaten $90^0 0'$; $0^0 0'$ entsprächen.

Ebenso finden wir, dass der Fläche 9

$(1\bar{1}0) = ((\bar{1}10))$ das projective Symbol $-1;\ -B_1+B_2;\ -B_3+B_4$,

oder $1;\ B_1-B_2;\ B_3-B_4$ angehört,

nach der Beobachtungstabelle aber $\quad 1;\ \operatorname{tg}(57^0 4);\ -\frac{\cot(69^0 15')}{\cos(57^0 4')}$.

Endlich der Fläche $(\bar{1}\bar{1}1) = ((\bar{1}\bar{1}1))$ das projective Symbol

$$1;\ B_1+B_2;\ B_3+B_4-B_5,$$

nach der Beobachtungstabelle aber $1;\ -\operatorname{tg}(57^0 55');\ -\frac{\cot(57^0 49)'}{\cos(57^0 55')}$.

Daraus berechnen wir:

$$\begin{aligned} B_1 &= -0{,}0257 \\ B_2 &= -1{,}5695 \\ B_3 &= 0{,}0685 \\ B_4 &= 0{,}7688 \\ B_5 &= 2{,}0221. \end{aligned}$$

Also

$$\frac{p_1'}{p_0'} = \frac{p_1}{-0{,}0257 p_1 - 1{,}5695 p_0} \\ \frac{p_0'}{p_2'} = \frac{-0{,}0257 p_1 - 1{,}5695 p_0}{0{,}0685 p_1 + 0{,}7688 p_0 + 2{,}0221 p_2} \tag{a}$$

und

$$\frac{r_1'}{r_0'} = \frac{2{,}0221 r_1 - 0{,}0331 r_0 - 0{,}0559 r_2}{-1{,}2884 r_0 + 0{,}4898 r_2} \\ \frac{r_0'}{r_2'} = \frac{-1{,}2884 r_0 + 0{,}4898 r_2}{r_2} \tag{b}$$

Indem wir somit die Projectivitätsgleichungen von einem besonderen Typus erhalten haben, können wir mittels Formel (19) (S. 640) zu denen des gewöhnlichen Typus übergehen. Dazu sind zuerst die Grössen c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, s_1 und s_3 zu berechnen.

Zur Berechnung von c_1 verfahren wir folgendermassen:

Das projective Symbol der Kante $[010] = ([100])$ ist $\quad 1 \quad 0 \quad 0$

\- \- \- $[001] = ([001])$ - $-0{,}0559 : 0{,}4898 : 1$

\- \- der Kantenzone (Fläche) ist $\quad 0;\ -1;\ 0{,}4898$.

Also $\quad c_1 = -\frac{0{,}0559}{\sqrt{1+(0{,}4898)^2}} = -0{,}0502 = \cot(92^0 52')$

$$\log s_1 = \log \sin (92^\circ 52') = 1{,}999456.$$

Zur Berechnung von c_3 finden wir:

das projective Symbol der Kante [001] = ([001]) —0,0559 0,4898 1
- - - [01$\bar{1}$] = ([10$\bar{1}$]) +2,0780 —0,4898 —1
- - der Kantenzone 0; —2,0221; 0,4898 . 2,0221

Folglich
$$c_3 = -\frac{0{,}0559 \cdot 2{,}0780 + (0{,}4898)^2 + 1}{2{,}0221 \sqrt{1 + (0{,}4898)^2}} = -\,0{,}6023.$$

Daraus auch $\log s_3 = 0{,}067238$.

Weiter zur Berechnung von c_2 finden wir, dass das

projective Symbol der Fläche (100) = ((010)) : 0 —1,5695 0,7688
- - - (001) = ((001)) : 0 0 1
- - der Zone 1,5695 ($\bar{1}$00)

Folglich
$$c_2 = \frac{0{,}7688}{1{,}5695} = 0{,}48984 = \cot 72^\circ 50'.$$

Zur Berechnung von c_4 haben wir das

projective Symbol der Fläche (100) = ((010)) : 0 —1,5695 0,7688
- - - (010) = ((100)) : 1 —0,0257 0,0685
- d. Zone — 1,5695 . 0,0685 + 0,0257 . 0,7688; 0,7688; 1,5695

Folglich
$$c_4 = \frac{1{,}5695 \cdot 0{,}0257 + 0{,}7688 \cdot 0{,}0685}{\sqrt{(1{,}5695 \cdot 0{,}0685 - 0{,}0257 \cdot 0{,}7688)^2 + (0{,}7688)^2 + (1{,}5695)^2}}$$
$$= 0{,}05315 = \cot 86^\circ 57\tfrac{1}{2}'.$$

Endlich zur Berechnung von c_5 erhalten noch das

projective Symbol der Fläche (100) = ((010)) : 0 — 1,5695 0,7688
- - - (111) = ((111)) : 1 — 1,5952 2,8594
- - d. Zone 1,5952 . 0,7688 —1,5695 . 2,8594; 0,7688; 1,5695

Folglich
$$c_5 = \frac{1{,}5695 \cdot 1{,}5952 + 0{,}7688 \cdot 2{,}8594}{\sqrt{(1{,}5952 \cdot 0{,}7688 - 1{,}5695 \cdot 2{,}8594)^2 + (0{,}7688)^2 + (1{,}5695)^2}}$$
$$= 1{,}2707.$$

Mit Hülfe dieser Grössen können wir jetzt nach Formel (19) die gesuchten Coëfficienten der Projectivitätsgleichungen berechnen.

So finden wir
$$p_0' : p_1' : p_2' = 0{,}9637 p_0 + 0{,}02934 p_1 + 0{,}49045 p_2 : 0{,}5521 p_1 + 0{,}0502 p_2 : p_2 \qquad (a')$$

und
$$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 : -0{,}0531 r_0 + 1{,}7452 r_1 : -0{,}4902 r_0 - 0{,}0876 r_1 + 0{,}9637 r_2 \qquad (b')$$

sowie umgekehrt
$$p_0 : p_1 : p_2 = p_0' - 0{,}0531 p_1' - 0{,}4902 p_2' : 1{,}7452 p_1' - 0{,}0876 p_2' : 0{,}9637 p_2' \qquad (c')$$

und $$\frac{r_0}{r_1} = \frac{0{,}9637\, r_0'}{0{,}02934\, r_0' + 0{,}5521\, r_1'}$$
$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{0{,}02934\, r_0' + 0{,}5521\, r_1'}{0{,}49045\, r_0' + 0{,}0502\, r_1' + r_2'} \qquad (d')$$

Das Diagramm der graphischen Elemente (Fig. 11, Taf. XIII) ist in Uebereinstimmung mit diesen Gleichungen gezeichnet.

Die beobachtete Combination wird demnach durch folgende Symbole ausgedrückt:

$|001|;\ |1\bar{1}0|;\ |010|;\ |\bar{1}01|\ \ |\bar{1}\bar{1}1|;\ |\bar{2}01|;\ |0\bar{2}1|;\ |\bar{2}\bar{2}1|;\ |112|.$

Symmetrieart: Pinakoidal.

10. Axinit (Olonetzer Gouvernement).

Der Krystall ist durch Lösung des Kalksteins in verdünnter Salzsäure erhalten.

(Dimensionen 5 mm × 4 mm × 2 mm.)

Orientirung und Justirung nach der Kantenzone (001) und Kante [100].

		Rohe Beobachtungen:						Umzählung:		Berechnet:	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		A				α		A	α	A	α
Nr.	Symb.:	1. Beob.:	2.	Mittel:	1.	2.	Mittel:				
1	(001)	0° 0'	—	—	—	—	—	0° 0'	—	0° 0'	—
2	($\bar{1}01$)	45 20	+0°0'	45°20'	351°25'	+0°4½'	351°27'	—45 20	8°33'	—45 20	8°33'
3	($\bar{1}12$)	33 15	+0 1	83 15½	48 0	—0 5	47 57½	—33 15½	—47 57½	—33 8½	—47 58
4	($\bar{2}23$)	39 53	+0 0	39 53	48 2	—0 5	47 59½	—39 53	—47 59½	—39 54	—47 58
5	($\bar{1}11$)	49 17	+0 1	49 17½	48 9	—0 3½	48 7	—49 17½	—48 7	—49 17½	—47 58
6	(011)	44 22	+0 0½	44 22	90 0	—0 2	89 59	—44 22	—89 59	—44 22	—90 0
7	(012)	28 40	+0 0	28 40	90 0	—0 6	89 57	—28 40	—89 57	—28 40	—90 0

Diese Beobachtungen sind in der Fig. 37 auf S. 672 eingetragen. Man sieht daraus, dass einigermassen genügende Reflexe den Flächen 1, 2, 5, 6 angehören. Wir legen diese Zahlen der Berechnung*) zu Grunde, indem wir

der Fläche 1 das projective Symbole (001)
- 2 - - ($\bar{1}01$)
- 5 - - ($\bar{1}11$)
- 6 - - (011) zuschreiben.

Da der Krystall nach der Kantenzone (001) und der Kante [100] orientirt ist, so haben die Projectivitätsgleichungen die Form

$$\frac{r_0'}{r_1'} = \frac{a_1 r_0 + a_2 r_1 + a_3 r_2}{a_4 r_1 + a_5 r_2}, \quad \frac{r_1'}{r_2'} = \frac{a_4 r_1 + a_5 r_2}{r_2} \quad \text{und} \quad \frac{p_0'}{p_1'} = \frac{p_0}{b_1 p_0 + b_2 p_1}, \quad \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{b_1 p_0 + b_2 p_1}{b_3 p_0 + b_4 p_1 + b_5 p_2}$$

*) Der der Fläche 3 angehörende Reflex ist einer der besten, aber die Fläche selbst ist mit den Flächen 6 und 2 tautozonal und folglich zur Berechnung nicht geeignet.

Wir finden somit, dass

der Fläche ($\bar{1}01$) das projective Symbol: -1; $-b_1$; $-b_3+b_5$,

nach der Beobachtungstabelle aber cos $(8^0 33')$; sin $(8^0 33')$; cot $-45^0 20')$

oder -1; $-$ tg $(8^0 33')$; $\frac{\cot(45^0 20')}{\cos(8^0 33')}$;

der Fläche ($\bar{1}11$) das projective Symbol: -1; $-b_1+b_2$; $-b_3+b_4+b_5$,

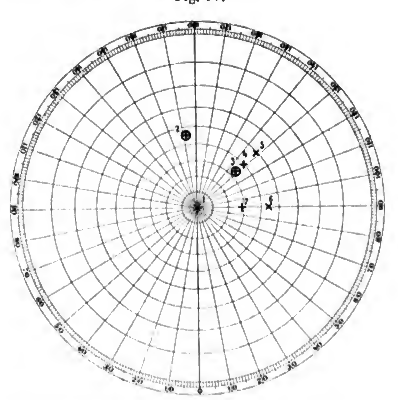
nach der Beobachtungstabelle aber*): -1; tg $(47^0 58')$; $\frac{\cot(49^0 17\frac{1}{2}')}{\cos(47^0 58')}$;

der Fläche (011) das projective Symbol: 0; b_2; b_4+b_5

oder 0; 1; $\frac{b_4+b_5}{b_2}$,

nach der Beobachtungstabelle aber 0; 1; cot $(44^0 22')$ zukommt.

Fig. 37.



Also haben wir zur Berechnung der Coëfficienten b

$$b_1 = \operatorname{tg}(8^0 33') = 0{,}15034$$

$$b_2 = b_1 + \operatorname{tg}(47^0 58') = 0{,}15034 + 1{,}1093 = 1{,}2596$$

$$b_3 = b_2 \cot(44^0 22') - \frac{\cot(49^0 17\frac{1}{2}')}{\cos(47^0 58')} = 1{,}2878 - 1{,}2850 = 0{,}0028$$

$$b_5 = b_3 + \frac{\cot(45^0 20')}{\cos(8^0 33')} = 0{,}0028 + 0{,}9996 = 1{,}0024$$

$$b_4 = b_2 \cot(44^0 22') - b_5 = 1{,}2878 - 1{,}0024 = 0{,}2854.$$

Folglich sind die Projectivitätsgleichungen

* Die dem Winkel α angehörende Zahl ist der Beobachtung Nr. 3 entnommen.

$$\frac{p_0'}{p_1'} = \frac{p_0}{0{,}1503\,p_0 + 1{,}2596\,p_1} \qquad \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{0{,}1503\,p_0 + 1{,}2596\,p_1}{0{,}0028\,p_0 + 0{,}2854\,p_1 + 1{,}0024\,p_2} \tag{a}$$

und

$$\frac{r_0'}{r_1'} = \frac{1{,}0024\,r_0 - 0{,}1196\,r_1 + 0{,}0313\,r_2}{0{,}7958\,r_1 - 0{,}2266\,r_2} \qquad \frac{r_1'}{r_2'} = \frac{0{,}7958\,r_1 - 0{,}2266\,r_2}{r_2} \tag{b}$$

und umgekehrt

$$\frac{p_0}{p_1} = \frac{1{,}0024\,p_0'}{-0{,}1196\,p_0' + 0{,}7958\,p_1'} \qquad \frac{p_1}{p_2} = \frac{-0{,}1196\,p_0' + 0{,}7958\,p_1'}{0{,}0313\,p_0' + 0{,}2266\,p_1' + p_2'} \tag{c}$$

und

$$\frac{r_0}{r_1} = \frac{r_0' + 0{,}1503\,r_1' + 0{,}0028\,r_2'}{1{,}2596\,r_1' + 0{,}2854\,r_2'} \qquad \frac{r_1}{r_2} = \frac{1{,}2596\,r_1' + 0{,}2854\,r_2'}{1{,}0024\,r_2'} \tag{d}$$

Aus diesen Gleichungen geht aufs Deutlichste hervor, dass nach der nur vorübergehend angenommenen Orientirung die Krystallreihe des Axinits der eines tesseralen Krystalls ziemlich nahe steht.

Mittelst der Gleichungen (c) sind die Indices der zweiten Columne berechnet worden, und mittelst (a) die projectiven Symbole und die Coordinaten der 11. und 12. Columne, S. 671.

Für den Axinit wurden seitens verschiedener Forscher verschiedene Orientirungen angenommen. In Anbetracht dessen, dass der Axinit von Olonetz zuerst von Herrn Jeremejew untersucht wurde, sollen jetzt die Projectivitätsgleichungen in der Form aufgestellt werden, in welcher sie der von diesem Forscher angenommenen Orientirung entsprechen*).

Es ist also in allgemeinster Form die Transformation der krystallographischen Axen auszuführen, und ich benutze diesen Fall, um hierfür das einfachste Verfahren anzugeben.

Wenn wir die neuen Indices durch $(p_0\, p_1\, p_2)$ bezeichnen und die früheren durch $(p_0'\, p_1'\, p_2')$, so existirt zwischen ihnen folgende Relation:

$$\frac{p_0'}{p_1'} = \frac{a_{00}\,p_0 + a_{01}\,p_1 + a_{02}\,p_2}{a_{10}\,p_0 + a_{11}\,p_1 + a_{12}\,p_2} \qquad \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{a_{10}\,p_0 + a_{11}\,p_1 + a_{12}\,p_2}{a_{20}\,p_0 + a_{21}\,p_1 + a_{22}\,p_2}$$

Zur Bestimmung der acht Grössen a_{ik} (weil von den neun Grössen eine beliebig zu nehmen ist) sind acht Gleichungen nöthig. Diese Gleichungen erhalten wir, indem wir berücksichtigen,

dass dem früheren Symbol (001) jetzt das Symbol $(1\bar{1}0)$
- - $(\bar{1}01)$ - - $(1\bar{1}1)$
- - $(\bar{1}11)$ - - (111)
und - - (011) - - (110)

*) Verh. d. k. r. min. Ges. **6**, 343. Hier werden aber nur rohe Beobachtungen angegeben (Berechnungen fehlen). Aus Fig. 12, Taf. XIII ist zu ersehen, wie unnatürlich diese Art der Aufstellung erscheint.

entspricht. Daraus folgt aber

$$1)\quad 0 = a_{00} - a_{01} \qquad 2)\quad 0 = a_{10} - a_{11}$$

$$3)\quad -1 = \frac{a_{00} - a_{01} + a_{02}}{a_{20} - a_{21} + a_{22}} \qquad 4)\quad 0 = a_{10} - a_{11} + a_{12}$$

$$5)\quad -1 = \frac{a_{00} + a_{01} + a_{02}}{a_{20} + a_{21} + a_{22}} \qquad 6)\quad 1 = \frac{a_{10} + a_{11} + a_{12}}{a_{20} + a_{21} + a_{22}}$$

$$7)\quad 0 = a_{00} + a_{01} \qquad 8)\quad 1 = \frac{a_{10} + a_{11}}{a_{20} + a_{21}}.$$

Aus diesen acht Gleichungen berechnen wir

$$p_0' : p_1' : p_2' = -2p_2 : (p_0 + p_1) : 2p_0 \tag{A}$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = -r_2 : 2r_1 : +(r_0 - r_1). \tag{B}$$

Nun lassen sich bei der neuen Orientirung die Coëfficienten der Projectivitätsgleichungen berechnen mit Hülfe der Formel (19), wenn man nach (A) und (B) die alten Symbole durch die neuen ersetzt.

Wir finden nämlich, dass

die Kante	x_2	anstatt	[010]	das Symbol	[02$\bar{1}$]	erhält
-	x_3	-	[001]	-	[$\bar{1}$00]	-
-	r	-	[01$\bar{1}$]	-	[12$\bar{1}$]	-
die Fläche	X_1	-	(100)	-	(012)	-
-	X_2	-	(010)	-	(010)	-
-	X_3	-	(001)	-	($\bar{1}$00)	-
-	O	-	(111)	-	($\bar{1}$11)	-

Folglich

$c_1 = \cot(x_2\, x_3) = 0{,}1304$ und $a_5 = -c_1 = -0{,}1304$

$\lg s_1 = \log\sin(x_2\, x_3) = \bar{1}{,}996335$

$c_3 = \cot(x_3\, r) = -0{,}3527$ und $a_4 = c_1 - c_3 = 0{,}4831$

$\lg s_3 = \lg\sin(x_3\, r) = \bar{1}{,}974525$

$c_2 = \cot(X_0\, X_2) = -0{,}07424$ und $a_3 = c_2/s_1 = -0{,}0749$

$\lg c_5 = \lg\cot(X_0\, X_1) = \bar{1}{,}94798$ und $a_2 = c_4 \cdot a_4 = 0{,}4286.$

Endlich

$\lg c_4 = \lg\cot(O\, X_0) = 0{,}19478$ und $a_1 = c_5/s_3 - a_2 - a_3 = 1{,}3069.$

Folglich sind die Projectivitätsgleichungen

$$\frac{p_0'}{p_1'} = \frac{1{,}3069\,p_0 + 0{,}4286\,p_1 - 0{,}0749\,p_2}{0{,}4831\,p_1 - 0{,}1304\,p_2} \qquad \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{0{,}4831\,p_1 - 0{,}1304\,p_2}{p_2} \tag{a'}$$

und

$$\frac{r_0'}{r_1'} = \frac{r_0}{-0{,}8871\,r_0 + 2{,}7051\,r_1} \qquad \frac{r_1'}{r_2'} = \frac{-0{,}8871\,r_0 + 2{,}7051\,r_1}{-0{,}0408\,r_0 + 0{,}3526\,r_1 + 1{,}3069\,r_2} \tag{b'}$$

Auch umgekehrt

$$\frac{p_0}{\dfrac{p_1}{p_2}} = \frac{p_0' - 0{,}8871\,p_1' - 0{,}0408\,p_2'}{\dfrac{2{,}7051\,p_1' + 0{,}3526\,p_2'}{1{,}3069\,p_2'}} \qquad \text{(c')}$$

und

$$\frac{r_0}{\dfrac{r_1}{r_2}} = \frac{1{,}3069 r_0'}{\dfrac{0{,}4286 r_0' + 0{,}4831 r_1'}{-0{,}0749 r_0' - 0{,}1304 r_1' + r_2'}} \qquad \text{(d')}$$

Bei der neuen Orientirung ist die beobachtete Combination gegeben durch die Symbole:

$|1\bar{1}0|$; $|110|$; $|1\bar{1}1|$; $|201|$; $|312|$; $|100|$.

Symmetrieart: Pinakoidal.

Die aufmerksame Durchsicht der Beobachtungstabelle und die Vergleichung der beobachteten Zahlen mit den berechneten zeigt zu grosse Differenzen; aber aus derselben Tabelle ist auch die Ursache dieser Differenzen herauszulesen. Wir finden nämlich, dass die Flächen 1, 3, 4 und 5, welche ihren Symbolen zufolge tautozonal sein müssen, in der That von der tautozonalen Lage Abweichungen zeigen, welche z. Th. nicht sehr klein sind, wie aus den Zahlen der 10. Columne zu ersehen ist; anstatt der Gleichheit der Winkel α bemerken wir hier eine Abweichung von 47° 57½′ bis 48° 7′. Wir finden also, dass die Ungenauigkeit nicht von der Justirung abhängt und auch nicht in den Berechnungen, sondern in der Natur der Sache selbst, in der Unvollkommenheit der Ausbildung der Flächen liegt.

Um möglichst klar die daraus hervorgehenden Fehler zu ermitteln und zu zeigen, wie sie sich in den Grössen der Coëfficienten der Projectivitätsgleichungen ausdrücken, habe ich die Beobachtungen bei einer anderen Orientirung ausgeführt, und zwar bei derselben, welche den Gleichungen (a′) — (d′) entspricht, also der Orientirung nach der Zone [001] und Fläche (100). Zur Justirung habe ich die Flächen 1 und 6 benutzt.

Die Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle gegeben.

		Rohe Beobachtungen:								Umzählung:		Berechnet:	
		A				α				*A*	α	*A*	α
Nr.	Symb.:	1. Beob.:	2.	3.	Mittel:	1.	2.	3.	Mittel:				
1	$(1\bar{1}0)$	270° 3′	— 7′	—12′	269°57′	28°42′	+ 3′	+10′	28°45′	[89°57′]	—28°45′	90° 0′	—28°45′
2	$(1\bar{1}1)$	344 43	— 7	— 9	344 38	37 2	+10	+15	37 10	45 22	—37 10	45 49	—37 7
3	(201)	68 27	— 2	— 4	68 25	182 45	+ 9	+11	182 51	68 25	— 2 51	68 35	— 2 50
6	(110)	269 57	+ 3	— 1	269 58	344 25	+ 4	+ 3	344 27	[89 58]	—15 33	90 0	—15 33
7	(100)	270 0	+ 0	+ 0	270 0	0 0	0	0	0 0	90 0	0 0	90 0	0 0
8	$(\bar{1}\bar{1}0)$	270 2	—13	— 9	269 55	163 59	+ 8	+ 4	164 3	—[89 55]	15 57	—90 0	15 33
9	$(\bar{1}00)$	270 2	— 2	— 1	269 59	180 5	+ 5	— 3	180 6	—[89 59]	— 0 6	—90 0	0 0
10	$(\bar{1}10)$	269 58	+ 2	+ 2	269 59	heller Streifen			207° 0 —208 50	—[89°59]	(—27°) — (—28°50′)	—90 0	—28 45

Auf Grund dieser Vergleichungstabelle können wir folgende Zusammenstellung machen:

das project. Symb. der Fl. (110) nach Gleichung $\{a_1 + a_2;\ a_4;\ 0\}$

- - - - - Beob.-Tab. $\{\cos 15^0 33';\ \sin 15^0 33';0\}$

- - - (1$\bar{1}$0) - Gleichung $\{a_1 - a_2;\ -a_4;\ 0\}$

- - - - - Beob.-Tab. $\{\cos(-28^0 45');\sin(-28^0 45');0\}$

- - - (201) - Gleichung $\{2a_1 + a_3;\ a_5;\ 1\}$

- - - - - Beob.-Tab.

$$\left\{\frac{\cos(-2^0 51')}{\cot(68^0 25')};\quad \frac{\sin(-2^0 51')}{\cot(68^0 25')};\ 1\right\}$$

das project. Symb. der Fl. (1$\bar{1}$1) nach Gleichung $\{a_1 - a_2 + a_3;\ a_4 + a_5;\ 1\}$

- - - - - Beob.-Tab.

$$\left\{\frac{\cos(-37^0 10')}{\cot(45^0 22')};\quad \frac{\sin(-37^0 10')}{\cot(45^0 22')};\quad 1\right\}.$$

Daraus bestimmen wir

$$a_5 = -\frac{\sin(2^0 51')}{\cot(68^0 25')} = -0,1257$$

$$a_4 = a_5 + \frac{\sin(37^0 10')}{\cot(45^0 22')} = -0,1257 + 0,6119 = 0,4862$$

$$a_2 = \tfrac{1}{2}\{a_4 \cot(15^0 33') - a_4 \cot(28^0 45')\} = \tfrac{1}{2}\{1,7473 - 0,8862\} = 0,4305$$

$$a_1 = \tfrac{1}{2}\{a_4 \cot(15^0 33') + a_4 \cot(28^0 45')\} = \tfrac{1}{2}\{1,7473 + 0,8862\} = 1,3168$$

$$a_3 = \frac{\cos(37^0 10')}{\cot(45^0 22')} + a_4 \cot(28^0 45') = 0,8071 - 0,8862 = -0,0791.$$

Auf Grund der neuen Beobachtungen erhalten wir also

$$\begin{aligned} p_0' &= 1,3168\,p_0 + 0,4305\,p_1 - 0,0791\,p_2 \\ p_1' &= 0,4862\,p_1 - 0,1257\,p_2 \\ p_2' &= p_2 \end{aligned} \qquad (a'')$$

Vergleichen wir die hier stehenden Coëfficienten mit denen der Gleichungen (a'), so finden wir eine Verschiedenheit schon in der zweiten Decimale; folglich genügt bei den entsprechenden Rechnungen die Benutzung von zwei Decimalen vollständig.

Die wahrscheinlichsten Grössen ergeben sich als die Mittelwerthe von beiden, den Gleichungen (a') und (a'') angehörenden Coëfficienten. Jedenfalls hat man sich auf drei Decimalen zu beschränken.

Wir finden

$$\begin{aligned} p_0' &= 1,312\,p_0 + 0,429\,p_1 - 0,077\,p_2 \\ p_1' &= 0,4845\,p_1 - 0,126\,p_2 \\ p_2' &= p_2 \end{aligned} \qquad (a'')'$$

und

$$\begin{aligned} r_0' &= r_0 \\ r_1' &= -0,8855\, r_0 + 2,708\, r_1 \\ r_2' &= -0,034\, r_0 + 0,341\, r_1 + 1,312\, r_2 \end{aligned} \qquad (b''')$$

und auch umgekehrt

$$\begin{aligned} p_0 &= p_0' - 0,8855\, p_1' - 0,034\, p_2' \\ p_1 &= 2,708\, p_1' + 0,341\, p_2' \\ p_2 &= 1,312\, p_2' \end{aligned} \qquad (c''')$$

und

$$\begin{aligned} r_0 &= 1,312\, r_0' \\ r_1 &= 0,429\, r_0' + 0,4845\, r_1' \\ r_2 &= 0,077\, r_0' - 0,126\, r_1' + r_2'. \end{aligned} \qquad (d''')$$

Nach (a''') sind die Zahlen der 13. und 14. Columne berechnet. Die Resultate sind als genügend zu betrachten. Diesen Formeln entspricht auch das Diagramm der graphischen Elemente (Fig. 12, Taf. XIII).

Inhalt des I. Theiles.

Erklärung der Tafeln.

Auf der Tafel XI sind sämmtliche Symmetriearten übersichtlich nach der von Gadolin vorgeschlagenen Bezeichnungsweise zusammengestellt.

Als neu sind nur die auf die zusammengesetzte Symmetrie sich beziehenden, von Gadolin übersehenen, Bezeichnungen hervorzuheben.

Auf den Tafeln XII u. XIII sind die graphischen Elemente von zwölf Mineralien nach dem 1887 vom Verf. vorgeschlagenen System angegeben. Die Figuren 1, 2, 4, 5, 6, 11 und 12 sind auf Grund der in dieser Arbeit Kapitel V angegebenen Beobachtungen entworfen; alle anderen sind der vierten analytisch-krystallographischen Studie des Verfs. entnommen; nur 7 und 8 sind neu*).

Die rothe Farbe bezieht sich auf die gnomonische Projection der Flächen (kleine Kreise) und Zonen (Linien) und auf die damit in der Construction eng verbundene grammastereographische Projection der Flächen (roth punktirt) und gnomostereographische Projection der Flächen (rothe Punkte).

Die blaue Farbe bezieht sich auf die Linearprojection der Zonenkanten (kleine Kreise) und Flächen (Linien) und auf die damit in der Construction eng verbundene gnomostereographische Projection der Zonen (blau punktirt) und grammastereographische Projection der Zonenkanten (blaue Punkte).

Die Symbole sind durch entsprechende Farben angegeben. Dabei sind die zu den stereographischen Projectionen gehörenden Symbole fein gedruckt und die der gnomonischen und Linear-Projection entsprechenden fett.

Ueber die Construction solcher Tafeln ist Kapitel III und besonders die vierte analytisch-krystallographische Studie des Verfs. zu vergleichen, wo auch verschiedene Beispiele graphischer Berechnungen mit Hülfe dieser Projectionen angegeben sind.

---

*) Die oben nicht angegebenen Projectivitätsgleichungen sind die folgenden:

für Calcit: $p_0' : p_1' : p_2' = \varkappa p_0 + p : \varkappa p_1 : \varkappa p_2 + p$ ($\varkappa = 6,876$ und $p = p_0 + p_1 + p_2$),

- Augit: $p_0' : p_1' : p_2' = 0,951\, p_0 - 0,480\, p_2 : p_1 : 1,696\, p_2$,

- Amphibol: $p_0' : p_1' : p_2' = 1,901\, p_0 + 0,901\, p_2 : p_1 : 3,401\, p_2$,

- Orthoklas: $p_0' : p_1' : p_2' = 1,690\, p_0 + 0,880\, p_2 : p_1 : 1,8005\, p_2 = 0,939\, p_0 + 0,489\, p_2 : 0,555\, p_1 : p_2$,

- Albit: $p_0' : p_1' : p_2' = 0,984\, p_0 - 0,001\, p_1 + 0,498\, p_2 : 0,559\, p_1 + 0,071\, p_2 : p_2$.

Anhang.

In der vorstehenden Abhandlung wird verschiedene Male die Kenntniss mancher in meinen früheren Schriften, und besonders in den »Elementen der Gestaltenlehre« und in den »Analytisch-krystallographischen Studien«, angegebenen Sätze und Formeln erforderlich.

Ausserdem habe ich von Seiten des Herrn Prof. Groth und einiger anderer hochgeehrter ausländischer hervorragender Collegen die sehr liebenswürdige Einladung erhalten, sie mit meinen früheren, russisch geschriebenen Werken bekannt zu machen. Indem ich hier meine besondere Dankbarkeit für dieses Interesse an meinen Schriften auszusprechen mir erlaube, mache ich gleich den Versuch, diesem gütigen Wunsche entgegenzukommen und ein möglichst ausführliches Referat dieser Arbeiten der neuen hinzuzufügen. Zu diesem Zwecke habe ich im Folgenden sämmtliche neuen Sätze übersetzt und sämmtliche neuen Formeln angegeben, ohne freilich den Beweis liefern zu können, weil ich sonst eine wörtliche Uebersetzung liefern müsste und diese folglich ungefähr denselben Raum erfordern würde, wie die Originale selbst (El. d. Gestaltenlehre 280 Seiten und 18 grosse Tafeln; Anal.-kryst. Studien über 200 Seiten).

Meine Uebersetzung wurde von Herrn Dr. F. Hofmann in München, unter Vergleichung des russischen Originals, freundlichst nochmals genau revidirt und in stilistischer Beziehung mehrfach verbessert, wofür ich Demselben bestens danke.

Elemente der Gestaltenlehre *).

Die Gestaltenlehre ist ein besonderer Zweig der reinen Geometrie, der zu seinem speciellen Zweck das Studium der Figuren hat. Hierher gehören als untergeordnete Lehren diejenige von den körperlichen Ecken, die Morphologie der Polyëder (deren Classification u. s. f.), die Lehre von der Symmetrie, die Lehre von der regulären Raumtheilung, die Lehre über die Polyëder höheren Grades.

Dieser Zweig entbehrte viele Jahrhunderte hindurch einer mit den anderen Zweigen der Mathematik zu vergleichenden Entwickelung, und fast Alles, was dieser Lehre auf ihrem jetzigen Standpunkte angehört, kam in diesem Jahrhundert und besonders in den letzten Jahrzehnten zu Stande.

Früher waren es besonders die Krystallographen oder Mineralogen, welche sich am meisten damit beschäftigten. Später kamen hierzu Mathematiker, und jetzt ist zu erwarten, dass mit der Zeit auch dieser Zweig von denjenigen Specialisten übernommen wird, welchen er auch seinem Wesen nach zugehört, d. h. von den Mathematikern **).

Zu der eigentlichen Darlegung übergehend, glaube ich dem historischen Entwickelungsgange ein paar Worte widmen zu sollen. Dies um so mehr, da die Geschichte dieses Wissenschaftszweiges manche seltsame Züge an sich trägt. Eine so elementare mathematische Lehre, wie es die Elemente der Lehre von den Figuren sind, welche mit der elementaren Geometrie als ein Ganzes aufzufassen ist, war bis auf die letzten Jahr-

*) Verhandl. d. k. russ. min. Ges. St. Petersburg, 1885, **21**, 1—279. M. 18 Taf.

**) Im Jahre 1890 sprach ich aus, dass die Zeit kommen müsste, in welcher die in den »Elementen der Gestaltenlehre« und anderen Schriften aufgeworfenen Fragen die Zeit mancher Mathematiker in Anspruch nehmen werde. Dies bestätigte sich schneller, als zu erwarten war. Seitdem sind die umfassenden Werke von Schoenflies und von Eberhard erschienen. Ferner dürfen wir einer hierzu gehörenden Arbeit von Minkowski und noch manchen anderen entgegensehen.

zehnte des Jahrhunderts fast unberührt geblieben. Die Studien eines Plato, eines Pythagoras und eines Archimedes wurden erst von den jetzigen Mathematikern und »Nichtmathematikern« fortgesetzt. Die Pariser Akademie hat 1863 Catalan den »grand prix« zuertheilt, ohne, mit dem Verf. der vorgelegten Arbeit, zu wissen, dass die darin enthaltene Ableitung (der archimedischen Körper) früher wenigstens zweimal von verschiedenen Mathematikern in französischen Zeitschriften publicirt wurde. Badoureau wiederholte noch einmal dieselbe Ableitung, ohne sogar das Resultat von Catalan zu kennen.

Diese und die mit der Ableitung der Euler'schen (Polyëder betreffenden) Formel in Verbindung stehenden Fragen haben eine Reihe Bearbeiter unter den Mathematikern gefunden, und zu diesen kommen noch vereinzelte Abhandlungen, in erster Linie von »Nichtmathematikern«, unter welchen die Werke Bravais' den ersten Platz einnehmen*).

So stand es mit der Lehre von den Figuren zur Zeit (Ende der siebziger Jahre), als der Verfasser sich dem Studium dieser Lehre widmete. Man sieht, dass damals die Arbeiten verschiedener Forscher vereinzelt dastanden, und nicht nur die Idee fehlte, dass die von verschiedenen Gelehrten behandelten Fragen innigst mit einander verbunden sind und einer und derselben mathematischen Lehre angehören, sondern sogar von so verschiedenen Fachmännern behandelt wurden, wie die reinen Mathematiker einerseits und die Mineralogen andererseits.

Die »Elemente der Gestaltenlehre« stellen den Versuch dar, die thatsächlich so vereinzelten Studien und Lehren, welche dem Wesen nach nur die Entwickelungen eines und desselben Grundprincips**) sind, als eine einzige Lehre in streng elementarer Darstellungsweise auszubilden. Man begreift leicht, dass bei einer so umfassenden synthetischen Behandlung eines so umfangreichen Gegenstandes sogleich mehrere Lücken in den Arbeiten der früheren Forscher nachgewiesen wurden, welche durch selbständige Untersuchungen ausgefüllt wurden, und auf diese Weise kam es, dass in dem genannten Werke mehr als die Hälfte neu ist, und nicht nur die untergeordneten Fragen, sondern sogar ganze Abschnitte (beispielsweise die Lehre von den Zonoëdern, von der regulären Raumtheilung, von den Koiloëdern u. a.) sich als solche Lehren ergaben, in deren Bearbeitung der Verfasser keine Vorgänger hatte.

Hiernach wende ich mich dem eigentlichen Inhalte zu.

Der I. Abschnitt »Ueber die offenen Gestalten« ist dem Studium der körperlichen Ecken gewidmet, enthält nur 29 Seiten und weniger Neues als ein anderer.

In Kapitel 1 wird »der Begriff des Gonoëders und des Maasses desselben« entwickelt. Die §§ 1—4 behandeln die dreikantigen Raumecke, also nur den einfachsten Fall eines Gonoëders überhaupt. In Folge dessen will ich mit § 5 anfangen.

§ 5. Definition 10. Unter einem Gonoëder versteht man ein Raumgebilde, das von n aus einem Punkte entspringenden Seitenebenen gebildet wird.

Definition 11. Gonoëder sind gleich, wenn sie mit einander deckbar sind.

Definition 12. Gonoëder sind entgegengesetzt gleich oder spiegelbildlich gleich, wenn man sie in solche Lage zusammenbringen kann, dass die Kanten des einen die Fortsetzung der Kanten des anderen bilden.

Definition 13. Ein Gonoëder heisst regelmässig (polygonal), wenn seine Flächenwinkel und seine ebenen Winkel sämmtlich unter einander gleich sind.

*) Ich habe hier nur den geschichtlichen Standpunkt im Sinn. Vom Standpunkte der Wissenschaft selbst ist die jetzt bekannte Arbeit Hessel's von 1829 unermesslich höher zu stellen als die von Bravais. Aber sie eilte ihrer Zeit in solchem Grade voraus, dass, obgleich in deutscher Sprache veröffentlicht, sie bis auf die letzte Zeit so gut wie ganz unbekannt blieb, während Bravais' Arbeiten von der Pariser Akademie preisgekrönt wurden.

**) Es ist dies das Princip des Maasses der körperlichen Ecken, dessen sich meine Vorgänger nur sehr wenig bedient haben.

Definition 14. Das Gonoëder heisst convex, wenn seine Flächenwinkel sämmtlich kleiner sind als $2d$.

Definition 15. Zwei Gonoëder heissen polar, wenn die Kanten des einen zu den Flächen des anderen senkrecht sind (dabei darf die Richtung der Normalen nicht ausser Acht gelassen werden).

Weiter folgen einige Sätze und Folgerungen, welche als bekannt vorausgesetzt werden müssen.

§ 6. Definition 16. Zwei Gonoeder sind gleich gross, wenn sie aus der gleichen Anzahl gleicher Gonoëder zusammengesetzt werden können.

Es werden verschiedene Sätze über die von drei in einem Punkte einander schneidenden Flächen gebildeten acht Gonoëder und von dem Maasse des Gonoëders bewiesen. Es ist hervorzuheben, dass die Gonoëder dasselbe Maass mit den Flächenwinkeln haben müssen und demgemäss auf einer Hälfte der Kugelfläche zu messen sind, deren Centrum den Scheitelpunkt des Gonoëders enthält. Nennen wir eine rechtwinklige dreikantige Raumecke D, so sind $8D = 4d = 2\pi$, während die ganze Kugelfläche (vom Durchmesser = 1) durch $4 . \pi . 1^2 = 4\pi$ gemessen wird.

§ 7. Die Definitionen und Sätze, welche sich auf die von zwei parallelen Flächen und einer Transversale gebildeten 2 mal 8 Gonoëder beziehen. Die Behandlung ist vollständig der sich auf zwei parallele Geraden und einer sie schneidenden Transversale beziehenden Behandlung der Planimetrie analog.

In Kapitel 2 wird die Lösung der Aufgabe, die Grösse eines gegebenen Gonoëders und einer conischen Ecke aufzusuchen, durch Construction angegeben.

§ 10. Der wichtigste (aber nicht neue) Satz ist der 17.:

Ein n-Gonoëder wird durch die Hälfte der Summe der (inneren) Flächenwinkel $- (n - 2) d$ gemessen.

Satz 18. Ein Gonoëder ist gleich der Differenz von $2d$ und der halben Summe der ebenen Winkel des polaren Gonoëders.

Folgerung. Bezeichnen wir den Oeffnungswinkel eines Kreiskegels durch 2α, so ist die Grösse seines körperlichen (conischen) Winkels $K = 2d (1 - \sin \alpha)$.

§ 11. Satz 19. In jedes Trigonoëder kann ein Kegel eingeschrieben werden.

Satz 20. Um jedes Trigonoëder kann ein Kegel umschrieben werden.

Satz 21. Die zu der einem Trigonoëder eingeschriebenen conischen Ecke (Kegel) polare conische Ecke ist die um das polare Trigonoëder umschriebene conische Ecke, und umgekehrt: die um ein polares Trigonoëder umschriebene conische Ecke ist die einem polaren Trigonoëder eingeschriebene.

Der II. Abschnitt »Die geschlossenen Gestalten« umfasst 90 Seiten und ist in 5 Kapitel eingetheilt.

In Kapitel 3 bilden »Die Sphenoide und das Tetraëder« den Gegenstand des ziemlich eingehenden Studiums.

§ 12. Definition 1. Unter einem Sphenoid versteht man einen von vier nicht in einem Punkte sich schneidenden Ebenen abgegrenzten Raumtheil.

Definition 2. Das (regelmässige) Tetraëder ist ein von gleichseitigen Dreiecken umschlossenes Sphenoid (seine Axen sind die des tesseralen Systems).

Definition 3. Ein gleicheckiges Sphenoid ist ein solches, dessen Trigonoëder gleich sind (seine Axen sind die des rhombischen Subsystems).

Definition 4. Gleichschenklig heisst ein Sphenoid, wenn es vier gleiche Kanten besitzt, welche eine geschlossene Linie bilden (ist es auch gleicheckig, so sind seine Axen die des tetragonalen Systems).

Definition 5. Ein paarflächiges Sphenoid ist ein solches, dessen zwei Paar

gegenüberliegender Kanten beziehentlich unter einander gleich sind (es hat die Axen des monoklinen Systems.

Satz 4. Die Gesammtgrösse der Ecken eines Sphenoids ist gleich der Gesammtgrösse seiner Flächenwinkel — 4 *d*.

§ 14. Satz 4. Die Gesammtgrösse der Ecken eines Sphenoids liegt zwischen 0 und 2 *d*.

§ 15. Satz 5. Jedes Sphenoid kann in eine Kugel eingeschrieben werden.

Satz 6. Jedes Sphenoid kann einer Kugel umschrieben werden.

§ 16. Satz 7. Es giebt eine unendlich grosse Anzahl von gleicheckigen Sphenoiden.

§ 17. Definition 8. Unter einem Disphenoid versteht man ein Polyëder, dessen sechs Scheitelpunkte die Mitten der Kanten eines Sphenoids bilden.

Satz 8. Die Gesammtgrösse der Ecken eines Disphenoids plus der doppelten Gesammtgrösse der Ecken des ihm entsprechenden Sphenoids ist gleich 4 *d*.

Kapitel 4 behandelt die »Polyëder, deren Flächen- und körperlichen Winkel und ihre Morphologie«.

§ 19. Definition 9. Unter einem typischen Polyëder versteht man ein folgendermassen aus einem gegebenen construirtes: Man fällt aus dem Mittelpunkt einer Kugel zu den sämmtlichen Flächen des gegebenen Polyëders Senkrechte (ihr Sinn nicht ausser Acht zu lassen) und nimmt die durch die Schnittpunkte dieser Geraden mit der Kugeloberfläche gelegten Tangentialebenen als die Flächen des neuen Polyëders.

Satz 10. Die Gesammtgrösse der den sämmtlichen Gonoëdern eines Polyëders polaren Gonoëder ist gleich 4 *d*.

Definition 10. Die Gesammtheit der Polyëder, welche ein und dasselbe Strahlenbündel von zu den Flächen normalen Geraden besitzen, heisst eine Polyëderspecies.

Definition 11. Die Gesammtheit der Polyëder einer und derselben Species, welche dieselben Gonoëder in derselben respectiven Lage besitzen, heisst Varietät.

Definition 12. Die Gesammtheit der ähnlichen Polyëder heisst Individualität.

Diesen Definitionen muss die Bemerkung hinzugefügt werden, dass im Allgemeinen die Gonoëder eines typischen Polyëders Trigonoëder, d. h. sämmtlich von drei Flächen begrenzt sind; das folgt daraus, dass im Allgemeinen drei Ebenen von beliebiger Lage im Raume sich in einem Punkte schneiden. Aber es kann nicht selten geschehen, dass in einigen Scheitelpunkten des typischen Polyëders sich vier oder mehr Ebenen schneiden. Nun hat man sich nur solche Ebenen nicht ganz genau als Tangentialebenen der Kugel zu denken, also unendlich wenig verschoben, dann sind sämmtliche Gonoëder wieder Trigonoëder. Ein so gedachtes Polyëder soll ein »verändertes typisches« Polyëder heissen*).

Die diesem, d. h. veränderten typischen Polyëder zugehörende Anzahl von Flächen, Kanten, Scheitelpunkten soll »die wahre« heissen, im Gegensatze zur »scheinbaren« Anzahl derselben Gebilde, wenn man sie als gewöhnliches typisches Polyëder auffasst, d. h. als solches, welches auch Tetragonoëder u. s. f. enthält.

Satz 11. Sämmtliche einer und derselben Species angehörende Polyëder haben eine und dieselbe wahre Anzahl von Scheitelpunkten, Gonoëdern, Flächenwinkeln und ebenen Winkeln, eine und dieselbe Anzahl von Flächen und dieselbe wahre Anzahl von Kanten.

§ 20. Definition 13. Unter einem subtypischen Polyëder versteht man ein solches, dessen Scheitelpunkte die Berührungspunkte der Flächen des typischen sind.

Satz 12. Ein subtypisches Polyëder hat eine der Anzahl der Flächen des typischen

*) In neuester Zeit ist von Seiten des Herrn Dr. V. Eberhard dieselbe Definition wiederholt worden, die bezüglichen Polyëder werden als »die allgemeinen« bezeichnet (Zur Morphologie der Polyëder, 1891, S. 19).

Polyëders gleiche Anzahl der Scheitelpunkte, ebenso wie die Anzahl seiner Flächen der der Scheitelpunkte des typischen gleich ist, und dieselbe Anzahl von Kanten. Jeder seiner Flächen entspricht ein Scheitelpunkt des typischen, und die Seitenanzahl der Fläche ist gleich der Flächenanzahl des entsprechenden Gonoëders des typischen; umgekehrt: jedem seiner Scheitelpunkte entspricht eine Fläche des typischen, und die Anzahl der in diesem Punkte sich schneidenden Flächen ist gleich der Seitenanzahl der entsprechenden Flächen des typischen.

Definition 14. Ein verändertes subtypisches Polyëder heisst ein solches, welches entsteht, wenn wir die Berührungspunkte eines typischen bei der erfolgten Veränderung desselben für die Scheitelpunkte eines neuen annehmen.

Anmerkung. Es ist klar, dass sämmtliche Flächen des veränderten subtypischen Polyëders Dreiecke sind. Die Anzahl der Flächen und der Kanten eines solchen Polyëders wird die theoretische genannt im Gegensatz zur wirklichen, wenn einige Dreiecke zu zweien oder mehreren sich zu einem Polygon zusammensetzen.

§ 21. Definition 15. Unter einem centralen Gonoëder eines Polyëders verstehen wir ein solches, dessen Scheitelpunkt mit dem Centrum*) zusammenfällt und dessen Kanten dieses Centrum mit den Eckpunkten einer Fläche verbinden.

Definition 16. Unter einem polarcentralen Gonoëder eines Polyëders verstehen wir ein solches, dessen Scheitelpunkt mit dem Centrum zusammenfällt und in Bezug auf ein Gonoëder des Polyëders polar ist.

Satz 13. Die centralen und polarcentralen Gonoëder eines regelmässigen Polyëders sind bezw. untereinander gleich. Auf diesem Satze fussend leitet man sehr leicht sämmtliche regelmässige Polyëder ab.

Satz 14. Die Gesammtgrösse der ebenen Winkel eines Polyëders ist gleich dem Product von $4d$ durch die um 2 verminderte Anzahl der Scheitelpunkte.

Aus diesem Satze lässt sich leicht die bekannte Euler'sche Formel ableiten:

$$n + f = r + 2,$$

wo n die Anzahl der Scheitelpunkte, f die der Flächen, r die der Kanten ist.

Definition 17. Die Gesammtheit der Polyëder, welche eine und dieselbe Anzahl von Flächen besitzt, heisst eine Ordnung.

Definition 18. Die Gesammtheit der Polyëder, deren typische Individualitäten eine und dieselbe Anzahl von Flächen besitzen, — wobei die Flächen in allen diesen Polyëdern Vielecke von derselben Seitenanzahl und gleicher gegenseitiger Lage sind, — heisst eine Gattung**).

§ 22. Definition 19. Unter analogen Punkten auf gleichen Figuren werden solche verstanden, welche sich bei congruenter Lage der Figuren decken; falls zwei Figuren symmetrisch sind, so müssen auch die analogen Punkte symmetrisch sein.

Definition 20. Unter einem Isoëder (oder Gleichflächner) wird ein Polyëder verstanden, dessen Flächen gleich (oder symmetrisch) sind.

Satz 15. Die Berührungspunkte der typischen Isoëder sind die analogen Punkte.

Definition 21. Unter einem Isogon (oder Gleicheck) wird ein Polyëder verstanden, dessen Gonoëder gleich (oder symmetrisch) sind.

Satz 16. Das dem typischen Isoëder entsprechende subtypische Polyëder ist ein Isogon; umgekehrt: ein einem subtypischen Isogon entsprechendes typisches Polyëder ist ein Isoëder.

---

*) Gleichgültig ob Inversionscentrum, Centrum der umschriebenen oder eingeschriebenen Kugel.

**) Dieser Begriff steht dem entsprechenden, später von Eberhard (Morphologie der Polyëder S. 13) entwickelten sehr nahe, ist aber keineswegs mit ihm identisch, wie überhaupt das von diesem Gelehrten aufgestellte System der Morphologie sich wesentlich von dem meinigen unterscheidet. Ich hoffe, künftig näher hierauf einzugehen.

§ 23. Satz 17. Es giebt nur eine beschränkte Anzahl der Polyëder, für welche die Flächen sämmtlich gleich grosse Anzahl von Seiten und die Gonoëder sämmtlich gleich grosse Anzahl von Flächen besitzen. Sie gehören zu derselben Polyëderart wie die regelmässigen Polyëder.

Nennt man die Anzahl der Flächen f, die Anzahl der Seiten der Flächen m und die Anzahl der Flächen der Gonoëder M, so erhalten wir

$$f = \frac{4\,M}{2\,(M + m) - m\,M} \;.$$

§ 24. Satz 18. Falls für ein Polyëder die Flächen eine und dieselbe Anzahl von Seiten besitzen, ist diese Anzahl höchstens 5 (also nur 3, 4 und 5).

Satz 19. Falls für ein Polyëder sämmtliche Gonoëder eine und dieselbe Anzahl von Flächen besitzen, ist diese Anzahl höchstens 5 (also nur 3, 4 und 5).

§ 25. Satz 20. Ein in Bezug auf ein Gonoëder eines Isogons polares Gonoëder ist gleich dem Producte von $2d$ mit der Einheit, letztere vermindert um einen Bruch, dessen Zähler gleich ist der Differenz zwischen der Anzahl der Flächen des Isogons und der Anzahl der Flächen eines Gonoëders und dessen Nenner gleich der Differenz derselben ersten Anzahl und der Zahl 2.

Also für trigonoëdrische Isogone $G_d = 2d\left(1 - \frac{f-3}{f-2}\right)$

- - tetragonoëdrische - $G_d = 2d\left(1 - \frac{f-4}{f-2}\right)$

- - pentagonoëdrische - $G_d = 2d\left(1 - \frac{f-5}{f-2}\right)$.

Satz 21. Existirt ein Isogon, so existirt auch ein anderes, dessen Flächen dieselbe relative Lage und Anzahl von Seiten haben, aber regelmässige Polygone sind.

Sind die Anzahlen der Seiten der Flächen eines Gonoëders des Isogons i, j, k, l, m (höchstens), so ist die Anzahl der Scheitelpunkte

für trigonoëdrische Isogone $n = \dfrac{2}{\frac{1}{k} + \frac{1}{l} + \frac{1}{m} - \frac{1}{2}}$

- tetragonoëdrische - $n = \dfrac{2}{\frac{1}{j} + \frac{1}{k} + \frac{1}{l} + \frac{1}{m} - 1}$

- pentagonoëdrische - $n = \dfrac{2}{\frac{1}{i} + \frac{1}{j} + \frac{1}{k} + \frac{1}{l} + \frac{1}{m} - \frac{3}{2}}$.

§ 26. Satz 22. Die Gesammtgrösse der Flächenwinkel eines Polyëders mit Abzug der Gesammtgrösse seiner Gonoëder ist gleich dem Producte von $2d$ mit der Anzahl der Flächen, letztere durch 2 vermindert.

Kapitel 5 enthält »die vollständige Ableitung sämmtlicher Isogone und typischen Isoëder«*).

Diese Ableitung basirt auf den Formeln des Satzes 21 und zwar ist für

§ 28. Trigonoëdrische Isogone resp. trigonale Isoëder**):

*) In allgemeinster Form ist diese Ableitung hier zum ersten Male gegeben. Die früheren Autoren begnügten sich mit sehr speciellen Fällen vereinzelter symmetrischer Polyëder (»halbregelmässige«, »archimedische«, »isoscèles« etc.), die ich als »besondere« bezeichne. Im Rahmen dieses Referates ist es aber unmöglich, den Gegenstand in seiner Allgemeinheit zu behandeln.

**) Für typische Isoëder bedeuten i, j, k, l, m die Kantenanzahl der Gonoëder, deren Scheitelpunkte die Eckpunkte einer Fläche bilden; n bedeutet die Flächenanzahl.

In Parenthesen sind die Namen der den typischen Isoëdern entsprechenden sub- ischen Isogone geschrieben.



1) $k = l = m = 3$; $n = 4$.	Sphenoëder d. h. Sphenoide mit gleichen Flächen.
2) $l = m = 4$; $n = 2k$.	Skalenoëder, (Trapezoidal-Prismoide), Bipyramiden (Prismen *).
3) $k = 3$; $l = m = 6$; $n = 12$.	Pyramidales Tetraëder (Abgestumpftes Tetraëder).
4) $k = 3$; $l = m = 8$; $n = 24$.	Pyramidales Oktaëder (Abgestumpfter Würfel).
5) $k = 3$; $l = m = 10$; $n = 60$.	Pyramidales Ikosaëder (Abgestumpftes Dodekaëder).
6) $k = 4$; $l = m = 6$; $n = 24$.	Pyramidaler Würfel (Abgestumpftes Oktaëder).
7) $k = 4$; $l = 6$; $m = 8$; $n = 48$.	Hexakis-Oktaëder (Abgestumpftes Cubo-Oktaëder).
8) $k = 4$; $l = 6$; $m = 10$; $n = 120$.	Hexakis-Ikosaëder (Abgestumpftes Dodekaëder-Ikosaëder).
9) $k = l = m = 5$; $n = 20$.	Ikosaëder (Dodekaëder).
10) $k = 5$; $l = m = 6$; $n = 60$.	Pyramidales Dodekaeder (Abgestumpftes Ikosaëder).

§ 20. Für tetragonoëdrische Isogone (resp. tetragonale Isoëder) ist

11) $j = k = l = 3$; $n = 2m$.	Trapezoëder (Prismoide).
12) $j = k = 3$; $l = m = 4$; $n = 12$.	Rhombendodekaëder (Cubooktaëder).
13) $j = k = 3$; $l = m = 5$; $n = 30$.	Rhombentriakontaëder (Dodekaëder-Ikosaëder).
14) $j = 3$; $k = l = m = 4$; $n = 24$.	Triakis-Oktaëder (Ikositetraëder) (Tetragonoëdrisches abgestumpftes Cubooktaëder).
15) $j = 3$; $k = l = 4$; $m = 5$; $n = 60$.	Triakis-Ikosaëder (Tetragonoëdrisches abgestumpftes Dodekaëder-Ikosaëder).

Endlich für pentagonoëdrische Isogone (resp. pentagonale Isoëder) ist

§ 30. 16) $i = j = k = l = 3$; $m = 3$; $n = 12$.	Trigonales Pentagon-Isoëder (d. h. Tetartoëder) (trigonales Prismoëder).
17) $i = j = k = l = 3$; $m = 4$; $n = 24$.	Tetragonales Pentagon-Isoëder (d. h. Gyroëder) (tetragonales Prismoëder).
18) $i = j = k = l = 3$; $m = 5$; $n = 60$.	Pentagonales Pentagon-Isoëder (pentagonales Prismoëder).

Kapitel 6 behandelt die Frage über nicht typische Isoëder**). Es werden einige Reihen solcher Figuren aufgestellt. Einer erschöpfenden Darstellung lässt sich die Frage nicht unterwerfen.

Kapitel 7 enthält die Classification der Polyëder. Die Elemente der neuen Classification sind schon in den angegebenen Definitionen enthalten. Man sieht, dass diese Classification die Polyëderflächen in den Vordergrund stellt, wie dies allein eine rationelle Classification fordert, trotz der Meinung einiger Mathematiker. Es wird noch klar gelegt, dass es am zweckmässigsten ist, die Polyëder in Classen zu theilen. Der I. Classe

*) Als Isogone sind die Prismen zusammen mit Basisflächen zu betrachten.

**) Der Inhalt dieses Kapitels steht in directem Widerspruch mit der von Herrn Hess ausgesprochenen Meinung, dass »alle gleichflächigen Polyeder der Bedingung genügen, einer Kugel umschrieben zu sein« (Sitzungsber. d. Gesellsch. zur Beförderung d. gesammt. Naturwiss. zu Marburg 1880, Nr. 5, S. 57).

gehören die eine gerade Anzahl Flächen besitzenden Polyëder an; der II. Classe die eine ungerade Anzahl besitzenden. Sämmtliche typische Isoëder und fast sämmtliche Isogone (mit Ausnahme der ungeradzähligen Prismen) gehören zur I. Classe.

Es wird eine geschichtliche Uebersicht der Ansichten über Classification der Polyëder und eine ausführliche, sämmtliche typische Isoëder und subtypische Isogone charakterisirende Tabelle gegeben.

III. Abschnitt. »Die Lehre von der Symmetrie« umfasst 46 Seiten und behandelt ebenso wie die anderen die Sache möglichst elementar. In erster Linie wird hier eine einzige Aufgabe vorgelegt und gelöst — diejenige der Aufsuchung sämmtlicher Symmetriearten; nach Hessel die erste neue Auflösung.

Das Princip dieser vollständigen Ableitung beruht auf dem Satze (Folgerung d des Satzes 5), dass jeder Symmetrieart typische Isoëder entsprechen. Also, umgekehrt: wissen wir vollständig sämmtliche typische Isoëder (§§ 28—30), so sind daraus auch sämmtliche Symmetriearten abzuleiten.

Das ist in den Kapiteln 9 und 10 geschehen, und die Resultate im I. Kapitel der vorhergehenden Abhandlung angegeben. Vielleicht sind besonders zwei Dinge hervorzuheben: 1) dass mit dieser Ableitung auch die Theorie der gonoëdrischen Demonstrationsapparate erschöpfend dargelegt erscheint, welche später in einem speciellen Artikel in deutscher Sprache*) kurz beschrieben wurden. In meinem kurzen Leitfaden der Krystallographie sind diese Apparate abgebildet und deren Gebrauch bei systematischem Studium der symmetrischen Figuren mit Ausführlichkeit erläutert.

2) § 49 ist der Frage über das gegenseitige Verhältniss der Figuren des tesseralen (cubooktaëdrischen) und des dodekaëder-ikosaëdrischen Systems gewidmet. Es wird nämlich der allgemeine Beweis geliefert, dass alle Figuren der dodekaëdrischen Hemiëdrie des tesseralen Systems in Bezug auf die Figuren der Holoëdrie des dodekaëdrisch-ikosaëdrischen Systems pemptoëdrisch-meroëdrisch sind. Ebenso sind die der Tetartoëdrie des tesseralen Systems angehörenden Figuren in Bezug auf die Figuren der Hemiëdrie des dodekaëdrisch-ikosaëdrischen Systems pemptoëdrisch-meroëdrisch, also in Bezug auf die Holoëdrie desselben Systems dekatoëdrisch.

Abschnitt IV. »Die Zonenlehre und die Lehre von der regulären Plan- und Raumtheilung« umfasst 79 Seiten und ist in drei Kapitel getheilt.

Kapitel II. Reguläre Plantheilung.

§ 55. Satz 1. Der von zwei Geraden, welche einer mehrmals gebrochenen Linienfolge angehören, gebildete Winkel ist gleich der algebraischen Summe der Winkel, welche jede der beiden Geraden mit der nächstfolgenden bildet (dabei sind positive und negative Winkel nicht zu verwechseln).

§ 56. Definition 1. Unter einer Plantheilung versteht man eine Gruppirung ebener Figuren, bei welcher eine jede Seite jeder Figur zweien benachbarten Figuren zugleich angehört.

Definition 2. Unter paralleler Plantheilung versteht man eine solche, bei welcher sämmtliche die Ebene lückenlos erfüllende Figuren gleich und parallel sind.

Definition 3. Die die Ebene lückenlos erfüllenden, gleichen (und symmetrischen) Figuren heissen Planigone; falls sie die Ebene in paralleler Lage erfüllen, heissen sie Parallelogone.

Definition 4. Ein Geradeck heisst ein Vieleck, dessen Seiten paarweise parallel sind.

Satz 2. Ein convexes Vieleck kann nicht mehr als ein Paar paralleler Seiten haben.

*) Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. 1890, **1**, 234. Ref. diese Zeitschr. **21**, 115.

Also auch ein convexes Geradeck hat nur je ein Paar paralleler Seiten.

Definition 5. Ein Paarseit heisst ein Geradeck, dessen Seiten paarweise gleich und parallel sind.

Satz 3. Ein convexes Paarseit besitzt ein Inversionscentrum.

§ 57. Satz 4. Ein Parallelogon ist ein Paarseit.

Definition 6. Ein Parallelogon heisst ein primäres, wenn es ein Inversionscentrum besitzt, sonst ist es secundär.

Definition 7. Ein primäres, nur je ein Paar paralleler Flächen besitzendes Parallelogon heisst ein einfaches; sonst ist es ein zusammengesetztes.

Man sieht, dass sämmtliche convexe Parallelogone einfache sind.

Satz 5. In einem System von, die Ebene erfüllenden, einfachen Parallelogonen treffen in einem Scheitelpunkte mindestens drei Winkel zusammen.

Auf diesem Satze beruht die allgemeine Ableitung sämmtlicher einfacher Parallelogone; es existiren davon zwei Arten: Diparallelogone (= Parallelogramme) und Triparallelogone (Sechsecke, deren Seiten paarweise gleich und parallel sind*).

§ 58 behandelt die secundären und zusammengesetzten Parallelogone.

§ 59. Definition 8. Unter analogen Punkten der Parallelogone verstehen wir diejenigen, welche bei congruenter Lage der Figuren aufeinander fallen (dabei soll die Deckung in paralleler Lage statthaben, wenn auch andere Deckungen der Figuren möglich sind).

Definition 9. Unter analogen Richtungen verstehen wir diejenigen, welche den durch die analogen Punkte zweier benachbarter (d. h. eine Seite gemeinschaftlich besitzender) Parallelogone des Systems hindurchgehenden Geraden parallel sind.

Satz 6. Das System der analogen Punkte ist ein ebenes Netz.

Satz 7. Wenn ein System von Parallelogrammen von einem gegebenen System von Parallelogonen abgeleitet ist, indem für seine Scheitelpunkte die analogen Punkte angenommen sind, so sind die ihm angehörenden analogen Punkte auch die analogen Punkte des gegebenen Systems von Parallelogonen.

Satz 8. Die Flächengrössen der Parallelogone des gegebenen Systems und der Parallelogramme des ihm angehörenden ebenen Netzes sind gleich.

§ 60. Definition 10. Unter einem Paar von Parallelogonen II. Ordnung verstehen wir zwei solche von einander verschiedene Figuren**), welche, zusammengenommen, ein Parallelogon I. Ordnung bilden.

Weiter findet die systematische Ableitung sämmtlicher convexer Parallelogone II. Ordnung statt, und alle diese Fälle sind in der Tafel (X) aufgezeichnet.

Dabei unterscheidet man: I. Die Reihenparallelogone und II. die gewöhnlichen.

I. enthält folgende Fälle: 1) die beiden Figuren sind Sechsecke (Fig. 92), 2) die beiden sind Fünfecke (Fig. 93), 3) die beiden sind Vierecke (und zwar Parallelogramme Fig. 94), 4) die Figuren sind ein Sechseck und ein Viereck (Fig. 95), und 5) die Figuren ein Fünfeck und ein Dreieck (Fig. 96).

II. enthält wieder: 1) die beiden Figuren sind Vierecke (nicht Parallelogramme Fig. 97), 2) die beiden Figuren sind Dreiecke, 3) die Figuren sind ein Achteck und ein Viereck (Fig. 98); endlich 4) die Figuren sind ein Neuneck und ein Dreieck (Fig. 99).

§ 61. Definition 11. Unter Zug***) versteht man eine solche Aenderung einer ebenen Figur, bei welcher nur eine Gerade ihre ursprüngliche Lage behält; sämmtliche

*) Es giebt noch ein concaves Parallelogon und zwar Triparallelogon; es besitzt ein Paar concaver Winkel (d. h. innere, mehr als $2d$ messende Winkel).

**) Wobei auch nicht parallele Lage für Verschiedenheit angenommen wird.

***) Auch die entgegengesetzte Aenderung — Druck — mitverstanden.

anderen Punkte nähern oder entfernen sich von dieser Geraden im Verhältniss zum Abstand von ihr*).

Satz 9. Die Geraden vor dem erfolgten Zuge bleiben Gerade auch nach ihm; die parallelen bleiben auch nach der Aenderung parallel.

Satz 10. Ein Parallelogon bleibt ein solches auch nach dem erfolgten Zuge.

§ 62. Definition 12. Unter Verschiebung versteht man eine solche Aenderung einer ebenen Figur, bei welcher nur eine einzige Gerade ihre Lage behält; alle anderen ihr parallelen Geraden bewegen sich in ihrer Richtung um eine Grösse, welche ihrem Abstande von dieser Geraden direct proportional ist.

Satz 11. Die Geraden vor der erfolgten Verschiebung bleiben Geraden auch nach ihr; die parallelen bleiben auch nach der Aenderung parallel.

Satz 12. Ein Parallelogon bleibt ein solches auch nach der erfolgten Verschiebung.

§ 63. Satz 13. Die Fläche einer dem Zuge unterworfenen Figur vergrössert oder vermindert sich im Verhältniss des Zugcoëfficienten.

Satz 14. Die Fläche einer der Verschiebung unterzogenen Figur bleibt constant.

Satz 15. Jedes Parallelogramm kann durch Züge und Verschiebungen in jedes andere verwandelt werden.

Satz 16. Die Flächengrösse eines Parallelogramms ist gleich dem Producte der Länge des von zwei parallelen Seiten des Parallelogramms abgeschnittenen Theiles einer beliebigen Geraden durch die Projectionsgrösse einer zu einem anderen Paare gehörenden Seite auf die zu der Geraden senkrechten Richtung.

§ 64. Satz 17. Eine Anzahl von Planigonen kann stets in ein Parallelogon zusammengesetzt werden.

§ 65. Definition 13. Unter einer primären Zone versteht man eine Reihe von in parallelen Kanten der Figur sich schneidenden Flächen, sonst ist die Zone secundär.

Definition 14. Unter Grundzone versteht man eine sonst beliebige Zone, welche man als Ausgangspunkt für das Studium der Zonenverhältnisse annimmt.

Definition 15. Unter Hauptzone versteht man eine jede mit der Grundzone ein Paar Basisflächen gemeinsam besitzende Zone. Alle anderen Zonen werden Nebenzonen genannt.

Definition 16. Unter Zonoëder versteht man ein Polyëder, dessen Flächen sämmtlich im (primären) Zonenverbande stehen.

Satz 18. Die Flächen eines Zonoëders sind Geradecke.

Satz 19. Sämmtliche Zonen eines Zonoëders schneiden sich in seinen Flächen.

Satz 20. Die Anzahl der Flächen einer Nebenzone ist mindestens die doppelte Anzahl der Hauptzonen.

Satz 21. Die Gesammtgrösse der Gonoëder eines Zonoëders ist gleich dem Producte von $2d$ durch die um die doppelte Anzahl der Zonen verminderte Anzahl der Scheitelpunkte.

Ist also n die Anzahl der Scheitelpunkte und p die der Zonen, so ist

$$\Sigma G = 2d(n - 2p).$$

Für ebene Figuren ist $\Sigma G = 0$ und $n = 2p$.

Im Folgenden wollen wir der Kürze wegen das Product $a(a-1)$, wo a eine beliebige Zahl ist, kurz als die Function der Zahl a bezeichnen; speciell $p(p-1)$, wo p die Anzahl der Zonen bedeutet, als Function des Zonoëders.

Satz 22. Die Function eines Zonoëders ist gleich der Summe der Functionen seiner Flächen.

*) Die Verhältnissgrösse der Entfernungen nach und vor dem Zuge heisst Zugcoëfficient (S. 629 u. 643 als C. der Streckung bezeichnet).

Ist also p die Anzahl der Zonen eines Zonoeders, f_2 die Anzahl der Viereckflachenpaare, f_3 die Anzahl der Sechseckflächenpaare u. s. w., so haben wir

$$(p-1)\,p = 1.2f_2 + 2.3f_3 + \cdots + (n-1)\,nf_n + \cdots.$$

§§ 66—68 haben zum Gegenstand der Untersuchung die wichtigsten auf Grund der eben bewiesenen Formel abgeleiteten Zonoëder. Hier will ich mich nur auf die Erwähnung der sämmtlichen Isozonoeder, d. h. der Zonoëder, welche zugleich Isoëder sind, beschränken.

Auf Grund des Satzes 18 des II. Abschnittes sind nur Isozonoëder mit Viereckflächen, und zwar Rhomben, möglich. Diese Figuren haben eine Symmetrieaxe (Hauptaxe) und es giebt deren zwei Arten: denjenigen 1. Art fehlt die der Symmetrieaxe parallele (primäre) Zone, deren Vorhandensein im Gegentheil die der 2. Art charakterisirt.

Isozonoëder 1. Art sind: 1) Rhomboëder, 2) Rhombendodekaëder (Hauptaxe vierzählige Symmetrieaxe), 3) Rhombenikosaëder (Hauptaxe fünfzählige Symmetrieaxe). Die letzte Figur ist keine typische mehr.

Isozonoëder 2. Art sind nur: 1) Rhombendodekaëder (Hauptaxe dreizählige Symmetrieaxe) und 2) Rhombentriakontaëder (Hauptaxe fünfzählige Symmetrieaxe). Die beiden Figuren sind die typischen. Andere Isozonoëder sind unmöglich.

§ 69. Definition 17. Ein Paarflächner ist ein Polyëder, dessen Flächen paarweise gleich und parallel sind.

Satz 23. Ein convexer Paarflächner besitzt ein Inversionscentrum.

Definition 18. Ein gleichkantiges Zonoëder ist ein solches, dessen Zonen lauter gleiche Kanten besitzen.

Satz 24. Existirt ein convexes Zonoëder, so existirt auch ein gleichkantiges, sonst ihm morphologisch gleiches Zonoëder.

Definition 19. Unter einer Planzone versteht man eine Reihe von Parallelogrammen in der Ebene, deren gemeinschaftliche Seiten sämmtlich parallel sind.

Satz 25. Die Theilung einer Planfigur in lauter Parallelogramme (falls es überhaupt möglich ist) ist nur mittelst Planzonen auszuführen.

Der Satz bezieht sich eigentlich auf Paarseite.

Satz 26. Sämmtliche Planzonen einer in lauter Parallelogramme getheilten Planfigur durchkreuzen einander.

Satz 27. Die Anzahl der Parallelogramme, in welche eine Planfigur getheilt ist, ist gleich der Anzahl der Combinationen zweiten Grades der Zahl der Seitenpaare.

Wenn wir somit das Zonoëder, dessen sämmtliche mehr als vierzähligen Flächen wir in lauter Parallelogramme getheilt uns denken [also eine als nur von Parallelogrammflächen begrenzt vorstellbare Figur], ein theoretisches nennen, und alle einem solchen angehörende Zahlen durch das Zeichen ′ unterscheiden, so haben wir

$$f' = (p'-1)p' \qquad (1)$$
$$l' = r'/p' \qquad (2)$$
$$\Sigma B' = 2d\,(r'-2p') = 2d\,p'\,(l'-2) \qquad (3)$$
$$\Sigma G' = 2d\,(n'-2p') \qquad (4)$$
$$r' = 2f' \qquad (5)$$
$$n' = f' + 2. \qquad (6)$$

Hier bedeuten also: f' die Anzahl der Flächen, n' die der Scheitelpunkte, r' die der Kanten, p' ($= p$) die der Zonen, l' die Anzahl der zu einer Zone gehörenden Flächen*); endlich $\Sigma B'$ und $\Sigma G'$ sind die Gesammtgrösse der Flächenwinkel resp. der Gonoeder.

§ 70. Als Ergänzung der zonoëdrischen Hauptformel (s. oben Satz 22) ist noch die

*) Jedes theoretische Zonoëder hat constantes ganzes l für sämmtliche Zonen.

analoge »polarzonoëdrische« Formel anzugeben. Ist f die Anzahl der Flächen eines Paarflächners und p_2 die Anzahl der vierflächigen, p_3 der sechsflächigen ... Zonen (secundäre mitbegriffen), so ist

$$(f-1)f = 1.2.p_2 + 2.3.p_3 + \cdots + (n-1)\,n\cdot p_n + \cdots$$

Die combinirte Anwendung beider Hauptformeln führt uns zu sehr bemerkenswerthen Reihen von Polyëdern. Zum Verständniss will ich einen besonderen Fall einer Reihe betrachten, deren erstes Glied das Oktaëder ist.

Für diese Figur, als einen Paarflächner, haben wir

$$3.4 = 1.2\,p_2\,, \quad \text{also } p_2 = 6\,.$$

Es giebt aber ein Zonoëder, für welches

$$(p-1)p = 3.4 = 1.2\,f_2\,, \quad \text{also } f_2 = 6\,.$$

Dieses Zonoëder hat ausschliesslich Parallelogrammflächen, Anzahl = 6 (Paare), und die Anzahl seiner Zonen ist 4; es ist also das Rhombendodekaëder.

Nun aber ist diese Figur auch ein Paarflächner, für welchen

$$(f-1)f = 5.6 = 1.2.p_2 + 2.3.p_3 = 2.3 + 6.4\,,$$

d. h. es besitzt sechs Flächen (Paare), drei vierflächige und vier sechsflächige Zonen.

Es giebt aber ein Zonoëder, für welches

$$(p-1)p = 5.6 = 1.2.f_2 + 2.3.f_3 = 2.3 + 6.4\,.$$

Dieses Zonoëder hat drei Viereckflächen (Paare) und vier Sechseckflächen (Paare); die Anzahl seiner Zonen ist 6; es ist ein Cubooktaëder.

Nun aber ist diese Figur auch ein Paarflächner, fur welchen

$$(f-1)f = 6.7 = 1.2.p_2 + 2.3.p_3 = 2.3 + 6.6$$

und so fort.

Auf diese Weise erhalten wir eine unendliche Reihe von Figuren, welche sich zu einander wie folgt verhalten:

1) Die Anzahl der Flächen (Paare) jedes folgenden Gliedes ist der Anzahl der Zonen des vorhergehenden gleich.

2) Die ebenen Winkel der Flächen jedes folgenden sind gleich den Flächenwinkeln des vorhergehenden.

3) Die Seitenanzahl der Flächen jedes folgenden ist gleich der Flächenanzahl der entsprechenden Zonen des vorhergehenden.

Diese Reihen eignen sich bestens dazu, die Zonalverhältnisse jedes vorigen Gliedes augenscheinlich zu machen.

§ 71. Definition 20. Unter Zug einer körperlichen Figur wird eine solche Aenderung derselben verstanden, bei welcher nur eine Ebene unverändert bleibt, während sämmtliche anderen ihr parallelen Ebenen sich im Verhältniss ihres Abstandes von dieser Ebene entfernen oder nähern.

Satz 28. Die Geraden vor dem erfolgten Zuge bleiben Gerade auch nach ihm, die gleichen und parallelen Geraden bleiben gleich und parallel. Dasselbe gilt für Ebenen, Parallelepipede, Zonoëder.

§ 72. Definition 21. Unter Verschiebung einer körperlichen Figur wird eine solche Aenderung derselben verstanden, bei welcher nur eine Ebene unverändert bleibt, während sämmtliche andere ihr parallele Ebenen sich in einer ihr parallelen Richtung bewegen, und zwar ist die Bewegungsgrösse dem respectiven Abstand von der unbeweglichen Fläche direct proportional.

Satz 29. Die vor der erfolgten Verschiebung vorhandenen Geraden bleiben Gerade auch nach ihr; die gleichen und parallelen Geraden bleiben gleich und parallel.

Dasselbe gilt für Ebenen, Parallelepipede, Zonoëder.

§ 73. Satz 30. Das Volumen einer dem Zuge unterworfenen Figur vergrössert oder vermindert sich im Verhältniss des Zugcoëfficienten.

Satz 31. Das Volumen einer der Verschiebung unterworfenen Figur bleibt unverändert.

Satz 32. Jedes Parallelepipedon kann mittelst Züge und Verschiebungen in ein beliebiges anderes verwandelt werden.

Satz 33. Das Volumen eines Parallelepipedons ist gleich dem Producte der Grösse der Schnittfläche einer seiner Zonen durch eine beliebige Ebene multiplicirt mit der Projection einer Kante dieser Zone auf die zu dieser Ebene gezogene Normale.

Kapitel 13 behandelt die Frage der regulären Raumtheilung.

§ 74. Definition 22. Unter Raumausfüllung verstehen wir eine solche Combination der körperlichen Figuren im Raume, bei welcher eine jede Fläche den beiden benachbarten Figuren zugleich angehört.

Definition 23. Unter Raumausfüllung in paralleler Lage verstehen wir eine solche, bei welcher die (gleichen) Figuren sämmtlich parallele Lage besitzen.

Definition 24. Die den Raum lückenlos und regulär ausfüllenden gleichen (oder symmetrischen) Polyeder heissen Stereoëder; erfüllen sie den Raum in paralleler Lage, so heissen sie Paralleloëder.

§ 75. Satz 35. Ein Paralleloëder ist ein Paarflächner. Dem System der Paralleloëder entspricht ein Raumgitter; es entsteht, indem wir in einer Figur einen beliebigen Punkt nehmen und dann die ihm analogen Punkte in sämmtlichen anderen Figuren finden.

Satz 36. Das Volumen eines Paralleloëders ist gleich dem Volumen eines Parallelepipedons des ihm entsprechenden Raumgitters.

§ 76. Definition 25. Ein Paralleloëder mit Inversionscentrum heisst ein primäres; sonst ist es ein secundäres.

Satz 37. Ein primäres Paralleloëder ist ein gleichkantiges Zonoëder.

Definition 26. Ein primäres Paralleloëder heisst ein einfaches, wenn es nur je ein Paar gleicher und paralleler Flächen besitzt; sonst ist es ein zusammengesetztes

Satz 38. Jedes convexe Paralleloëder ist ein einfaches.

Definition 27. Unter analoger Ebene versteht man eine zweien analogen Richtungen (also den durch die analogen Punkte zweier benachbarter Parallelogone hindurchgehenden Geraden) parallele Ebene.

Satz 39. Die Anzahl der analogen Richtungen ist gleich der Anzahl der Flächen (Paare) eines einfachen Paralleloëders.

Satz 40. Die Anzahl der analogen Ebenen ist gleich der Anzahl der (primären und secundären) Zonen eines einfachen Paralleloëders.

Satz 41. Die Schnittfläche einer Zone des einfachen Paralleloëders durch eine beliebige Ebene ist ein einfaches Parallelogon.

Satz 42. Die Flächen eines einfachen Paralleloëders sind einfache Parallelogone.

§ 77. Hier ist die vollständige Ableitung sämmtlicher convexer Paralleloëder gegeben.

Auf Grund der vorangehenden Sätze sind hier nur folgende Fälle moglich:

1) Die Grundzone triparallelogonal; ihre Seitenflächen Triparallelogone (als Basisfläche wird immer ein Diparallelogon (Parallelogramm) angenommen).

In diesem Falle besitzt das Paralleloëder ausser Grund- und Hauptzone noch vier andere; also $5 \times 6 = 30 = f' = 1 \cdot 2 \cdot f_2 + 2 \cdot 3 f_3$.

Man findet leicht $f_2 = 3$, $f_3 = 4$. Das Paralleloëder heisst Heptaparalleloëder (dem Cubooktaëder gleichartig) *).

*) Es giebt auch ein concaves einfaches Heptaparalleloëder (Fig. 123).

2) Die Grundzone triparallelogonal; ihre Seitenflächen ein Di- und ein Triparallelogon.

In diesem Falle besitzt das Paralleloëder ausser Grund- und Hauptzone noch drei andere; also $4 \cdot 5 = 20 = f' = 1 \cdot 2 f_2 + 2 \cdot 3 f_3$.

Man findet leicht $f_2 = 4$, $f_3 = 2$. Das Paralleloëder heisst verlängertes Hexaparalleloëder (dem nach der Verticalzone verlangerten Rhombendodekaëder gleichartig)*).

3) Die Grundzone triparallelogonal; ihre Seitenflächen Diparallelogone.

In diesem Falle besitzt das Paralleloëder ausser Grund- und Hauptzone noch zwei andere; also $3 \cdot 4 = 12 = f' = f = 1 \cdot 2 f_2$.

Das Paralleloeder heisst Hexaparalleloëder und besitzt lauter diparallelogonale Flächen**).

4) Die Grundzone diparallelogonal; ihre Seitenfläche ein Triparallelogon.

In diesem Falle besitzt das Paralleloëder ausser Grund- und Hauptzone noch zwei andere Zonen; also $3 \cdot 4 = f = 1 \cdot 2 f_2 + 2 \cdot 3 f_3$.

Man findet leicht $f_2 = 3$, $f_3 = 1$. Das Paralleloeder heisst Tetraparalleloëder (dem hexagonalen Prisma gleichartig) ***).

Endlich 5) Die Grundzone diparallelogonal; die Seitenfläche ein Diparallelogon.

In diesem Falle besitzt das Paralleloëder ausser Grund- und Hauptzone nur noch eine Zone, also $2 \cdot 3 = f' = 1 \cdot 2 \cdot f_2$.

Das Paralleloëder heisst Triparalleloeder (mit dem Parallelepipedon identisch).

Jedem System der Paralleloeder entspricht ein besonderes System von einander berührenden Kugeln. Also sind folgende regelmässige Systeme von Kugeln möglich†):

1) Eine Kugel berührt 6 benachbarte (entsprechend einem Triparalleloëder).
2) - - - 8 - (- - Tetraparalleloëder).
3) - - - 12 - (- - Hexaparalleloëder).
4) - - - 8 - (- - Heptaparalleloëder).
(Die Berührungspunkte entsprechen den Flächen des Oktaëders).

§ 78. Satz 43. Eine Fläche der secundären Zone eines einfachen Paralleloëders ist ein Diparallelogon.

Satz 44. Die secundäre Zone des einfachen Gonoëders ist diparallelogonal.

Satz 45. Eine Fläche der secundaren Zone eines einfachen Paralleloëders ist Durchkreuzungsfläche zweier triparallelogonaler Zonen.

§ 79—83 behandeln die Fragen über die Anzahl der secundären Zonen eines einfachen Paralleloëders, über seine analogen Ebenen, Geraden und Punkte I. und II. Ordnung, über die Schnittflächen dieser Figuren und über die secundären Parallelogone und die der II. Ordnung.

§ 84. Satz 48. Eine Anzahl Stereoëder kann stets zu einem Paralleloëder zusammengesetzt werden.

Satz 49. Jedes regelmässige Punktsystem ist ein System der analogen Punkte der Stereoeder (dabei braucht es nicht immer ein einfaches geschlossenes Polyëder zu sein).

Im Anhang zu diesem Abschnitt werden die wichtigsten Eigenschaften der ebenen Netze und Raumgitter und deren Verhältniss zu den Systemen der Parallelogone und

*) Es giebt auch ein concaves einfach verlängertes Hexaparalleloëder (Fig. 122).

**) Es giebt auch ein concaves einfaches Hexaparalleloëder (Fig. 121).

***) Es giebt auch ein concaves einfaches Tetraparalleloëder (ein Prisma, dessen Basis ein concaves Triparallelogon ist).

†) Die entsprechende Ableitung von Barlow (Nature 1883, Nr. 738, S. 186) ist irrümlich und entbehrt überhaupt mathematischer Consequenz und Strenge.

Paralleloëder dargelegt. Besonders hervorzuheben ist der hier entwickelte Begriff der »normalen« Parallelogone und Paralleloëder, d. h. solcher, welche mittelst Züge und Verschiebungen in die symmetrischsten Formen übergeführt werden können. So lässt sich das normale Triparallelogon mittelst dieser Aenderungen in das regelmässige Sechseck, das normale Heptaparalleloëder in ein abgestumpftes Oktaëder (und zwar in ein besonderes, dessen Flächen regelmässige Polygone sind), das Hexaparalleloeder in ein Rhombendodekaëder, endlich das Tetraparalleloeder in das hexagonale Prisma überführen.

Abschnitt V »Ueber die Polyëder mit concaven Ecken, wirklichen oder scheinbaren« enthält 32 Seiten und legt die Grundprincipien der hierher gehörenden Lehre dar. Er ist in zwei Kapitel getheilt.

Kapitel 14 behandelt die Koiloëder, d. h. die concaven Polyëder mit zusammenhängender Oberfläche, aber in erster Linie die Isokoiloëder.

§ 85. Hier wird auf die Existenz der der Euler'schen Formel nicht genügenden Polyëder hingewiesen; diejenigen aber, welche ihr genügen, werden die Euler'schen genannt. Hierzu gehören auch Koiloëder. Existirt ein typisches Koiloeder, so existirt ebenfalls ein derselben Varietät angehörendes typisches Polyëder. Koiloëder-Isoëder werden kurz Isokoiloeder genannt.

§ 86 enthält die systematische Ableitung der typischen Isokoiloeder der Holoëdrie des tesseralen Systems (auf Taf. XVIII übersichtlich dargestellt).

§ 87 enthält die systematische Ableitung der typischen Isokoiloeder der tetraëdrischen Hemiëdrie desselben Systems.

§ 88 enthält die systematische Ableitung der typischen Isokoiloëder der dodekaëdrischen Hemiedrie desselben Systems.

§ 89. Hier wird kurz die Unmöglichkeit der Existenz der typischen Isokoiloeder in den Fällen der gyroëdrischen Hemiedrie und der Tetartoëdrie bewiesen.

§ 90 enthält die neue Methode der kurzen Bezeichnung der typischen Isokoiloëder. Ein ganz kurzes Symbol, wie deren viele in der Tafel XVIII angegeben sind, liefert uns fast unmittelbar eine klare Vorstellung der Figur.

§ 91 enthält das Princip der Ableitung der Isokoiloëder des dodekaëder-ikosaëdrischen Systems und deren Bezeichnung.

§ 92 weist auf die Moglichkeit der Verallgemeinerung dieser Ableitung hin.

Kapitel 15 behandelt die »Vielecke und Polyeder höheren Grades«.

§ 93. Polygone (Vielecke) höheren Grades. Für solche schneidet, wenn wir einen in seinem Inneren genommenen Punkt und einen aussen genommenen Punkt durch eine Gerade verbinden, diese Gerade den Umfang im Allgemeinen in mehr als einem Punkte; die höchste dabei entstehende Anzahl der Schnittpunkte bestimmt den Grad des Polygons.

Bezeichnet E den Grad des Polygons, m die Anzahl seiner Seiten, so ist die Gesammtgrösse der inneren Winkel

$$\Sigma P = 2d(m - 2E).$$

Es wird weiter bewiesen, dass der Grad eines typischen Polygons und eines ihm entsprechenden subtypischen derselbe ist.

§ 94. Hier werden die Gonoëder hoheren Grades studirt. Der Grad ist der des ihm entsprechenden sphärischen Polygons; bezeichnen wir diesen Grad mit ε, die Anzahl seiner Flächen mit m und die Gesammtgrösse der Flächenwinkel mit $\Sigma\alpha$, so ist die Grösse des Gonoëders

$$G_\varepsilon = \frac{\Sigma\alpha}{2} - d(m - 2\varepsilon).$$

Bezeichnet noch ΣP die Gesammtgrösse der ebenen Winkel des polaren Gonoëders, so ist

$$G_\varepsilon = 2d\varepsilon - \frac{\Sigma P}{2}.$$

§ 95. Hier werden die sich auf Polyëder höheren Grades beziehenden Formeln abgeleitet, und zwar die allgemeinste (Wiener'sche) Formel für convexe Polyëder*)

$$r + 2E = \Sigma\varepsilon + \Sigma e,$$

wobei r die Anzahl der Kanten, E der Grad des Polyëders, ε der Grad eines seiner Gonoëder und e der einer seiner Flächen.

Sind sämmtliche Gonoëder eines und desselben Grades, so haben wir (n Anzahl der Ecken) $r + 2E = n\varepsilon + \Sigma e$ (Formel von Badoureau).

Sind sämmtliche Flächen eines und desselben Grades, so haben wir (f Anzahl der Flächen) $r + 2E = \Sigma\varepsilon + fe$.

Sind zugleich sämmtliche Gonoëder und Flächen eines und desselben Grades, so haben wir $r + 2E = n\varepsilon + fe$ (Formel von Rouché et Comberousse).

Sind dabei die Gonoëder ersten Grades, so ist

$r + 2E = n + fe$ (Formel von Poinsot).

Ist noch $e = 1$, so ist auch $E = 1$ und wir kommen zur Formel von Euler.

§ 96. Es wird bewiesen, dass ein Polyëder Eten Grades als aus E Koiloëdern ersten Grades zusammengesetzt gedacht werden kann. Es ist das Princip angegeben, um die sämmtlichen symmetrischen convexen Poyëder höheren Grades vollständig abzuleiten.

§ 97. Hier wird an einem sehr speciellen Beispiel der von Badoureau vorgeschlagenen Aufgabe (welche in der neuen systematischen Nomenclatur sich als die Ableitung sämmtlicher besonderer Isogone höheren Grades formuliren lässt) die Anwendung des eben entwickelten Princips angegeben. Hierbei wurde bewiesen, dass die von Badoureau aufgestellte Aufgabe von ihm sehr unvollständig und zum Theil irrthümlich aufgelöst wurde**).

§ 98. Die Zusammenstellung der Resultate des vorigen Paragraphen mit denen von Badoureau.

§ 99. In wenigen Worten ist das im § 96 entwickelte Princip auf andere Symmetriearten verallgemeinert.

Endlich § 100 enthält die Ableitung der regelmässigen Polyëder höheren Grades (Poinsot'sche Körper). Es sind deren ebensoviele wie die ersten Grades: a) Oktaëder zweiten Grades, b) Dodekaëder dritten Grades erster Art, c) Dodekaëder dritten Grades zweiter Art, d) Dodekaëder siebenten Grades und e) Ikosaëder siebenten Grades.

Analytisch-krystallographische Studien.

Diese Schrift umfasst 200 Seiten und ist in vier Studien getheilt. Der Hauptzweck ist, das möglichst einfache System der krystallographischen Rechnungen aufzufinden. Bei der systematischen und speciellen Behandlung werden auch verschiedene andere Fragen erörtert.

Erste Studie. Das Wesen der krystallographischen Projectivität*).** Unter den den verschiedenen krystallographischen Systemen angehörenden einfachen Figuren existirt

---

*) Dass darin Hrn. Wiener die Priorität gehört, kam dem Verf. erst später zur Kenntniss. Hess hat die Formel verallgemeinert, indem er die Existenz von überstumpfen Winkeln annahm (Schriften d. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturwiss. zu Marburg, 1876, **11**, 14).

**) Die Arbeit Badoureau's wurde von der Pariser Akademie mit dem »grand prix« gekrönt.

***) Bergjournal. St. Pet. 1885, Nr. **4**, 85—118; Nr. **5**, 222—242.

ein Projectivitätsverhältniss, und zwar ist die Projectivität eindeutig, weil stets einer Figur des tesseralen Systems, welche durch ein Symbol $(p_0 p_1 p_2)$ chararakterisirt wird, nur eine Figur eines anderen Systems entspricht, welcher dasselbe Symbol angehört.

Der Verfasser glaubt dieses Verhältniss benutzen zu können, um zu dem einfachsten System der Berechnungen zu gelangen. Deswegen, wie auch aus anderen Gründen, unterwarf er diese rein mathematische Frage einer speciellen Behandlung (und zwar auf analytischem Wege), welche seines Wissens von Seiten der reinen Mathematiker noch nicht ausgeführt wurde.

Kapitel I bespricht die Projectivitätsarten der Punktreihen auf der Ebene. Sind x und x' die entsprechenden Coordinaten der Punkte zweier projectiven Reihen, so lassen sich aus der allgemeinsten Gleichung der Projectivität

$$Axx' + Bx + Cx' + D = 0 \tag{1}$$

folgende Fälle ableiten. Bezeichnen wir die Determinante $AD - BC$ durch ϑ, so haben wir:

1) ϑ ist positiv. Die Gleichung 1) lässt sich zu $xx' = -c$ vereinfachen.
2) $\vartheta = 0$, - - - $xx' = 0$ -
3) ϑ ist negativ. - - - $xx' = c$ -
4) $A = 0$. - - - $x = kx'$ -

Diese Resultate sind seit den klassischen Untersuchungen von Möbius und Chasles gut bekannt.

Kapitel II bespricht die Correlation auf der Ebene.

Der Grundgleichung, welche diese Correlation ausdrückt,

$$Axx' + Bxy' + Cx'y + Dyy' + Ex + Fy + Gx' + Hy' + K = 0$$

werden die symmetrischen Formen gegeben

$$x(a_1x' + b_1y' + c_1) + y(a_2x' + b_2y' + c_2) + (a_3x' + b_3y' + c_3) = 0$$

oder $$x'(a_1x + a_2y + a_3) + y'(b_1x + b_2y + b_3) + (c_1x + c_2y + c_3) = 0. \tag{2}$$

Zieht man folgende Determinante und die ihren Gliedern adjungirte Subdeterminante ersten Grades in Betracht

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}; \qquad \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix},$$

so führt die specielle Analyse der Gleichung 2) zu folgenden Fällen:

I. Gruppe. Die Determinante Δ ist von 0 verschieden

	Δ positiv	Δ negativ
	(Projectivitätscurve)	
γ_3 positiv	Imaginäre Ellipse	Reelle Ellipse
$\gamma_3 = 0$	Parabel	
γ_3 negativ	Hyperbel	

II. Gruppe. Die Determinante $\Delta = 0$.

γ_3 ist von 0 verschieden: Projectivität der Strahlenbüschel.

$\gamma_3 = 0$ $\begin{cases} \gamma_1 = 0 \\ \alpha_3 = 0 \end{cases}$ Projectivität der Büschel des Systems (xy) und der Reihen $(x'y')$
- - - - - $(x'y')$ - - - (xy)

$\gamma_1 = 0$ und $\alpha_1 = 0$ Projectivität der Reihen (xy) - - - $(x'y')$

$\gamma_1 = 0$, $\alpha_3 = 0$, $\alpha_1 = 0$ - - - und einer einzigen Geraden.

Ein besonderer Fall: $a_1 = b_1 = a_2 = b_2 = 0$: krystallographische Projectivität (Affinität).

Unter Projectivitätscurve verstehe ich denjenigen Ort, dessen Punkte der durch sie hindurchgehenden Geraden correlativ-reciprok sind.

In den Fällen, in welchen die Projectivitätscurve eine Ellipse (reell oder imaginär) oder eine Hyperbel ist, lassen sich die beiden correlativen Systeme in polarer Lage aufstellen (nach Chasles in der Lage der Involution). In dieser Lage sind die Punkte des einen Systems die Pole der correlativen Geraden des anderen Systems, welche in Bezug auf die ersteren die Polaren genannt werden; in diesem Falle ist einem der Projectivitätscurve angehörendem Punkte die zu diesem Punkte der Curve gezogene Tangente correlativ-reciprok*). In dem Falle der Parabel scheitert aber dieses allgemeine Verhältniss und die beiden correlativen Systeme (mit Ausnahme eines ganz speciellen Falles) lassen sich nicht in polare Lage bringen.

Unter den hier sämmtlich aufgestellten Projectivitätsarten ist, ausser der krystallographischen Projectivität, noch besonders für die Krystallographie von Wichtigkeit derjenige specielle Fall, welcher als Projectivitätscurve die imaginäre Ellipse hat; diese Art von Projectivität wird durch die folgende einfachste Gleichung charakterisirt:

$$\frac{xx'}{a} + \frac{yy'}{b} = -1. \tag{10a}$$

Um die Bedeutung dieser Gleichung klar zu machen, müssen wir in Betracht ziehen, dass die in der Krystallographie zu studirenden Gebilde einerseits Strahlenbüschel (die Strahlen sind rationalen Kanten parallel), andererseits Ebenenbüschel sind (rationale Flächen), und dass beide einander zugeordnet (correlat-reciprok) sind, indem jeder durch ein Symbol charakterisirten Kante eine bestimmte, durch dasselbe Symbol charakterisirte Krystallfläche entspricht. Betrachten wir diese Correlation, indem wir die Gebilde in Linearprojection darstellen, so ist dies die Correlation zwischen einem Punkt- und einem Geraden-System, und gerade diese Correlation ist durch die imaginäre**) Ellipse als Projectivitätscurve bestimmt.

In dem besonderen Falle, in welchem die Kanten zu den entsprechenden Krystallflächen senkrecht sind, verwandelt sich die Ellipse in einen Kreis und diese »polare« Projectivität wird durch die Gleichung

$$xx' + yy' = r^2$$

ausgedrückt.

In Kapitel III wird kurz die Projectivität besprochen, welche auf der Ebene durch zwei Gleichungen der Form (2) ausgedrückt wird. Damit ist nämlich die Reciprocität zwischen gleichartigen Gebilden ausgedrückt, d. h. jene zwischen zwei Punktsystemen oder zwei Geradensystemen. Hierzu gehört z. B. die Reciprocität zwischen zwei krystallographischen Büscheln, welche zweien verschiedenen Krystallen, sogar den Krystallen verschiedener Systeme angehören (z. B. dem tesseralen und dem triklinen), wenn wir die Büschel durch die Linear- (oder gnomonische) Projection der aus ihnen entstandenen Punkt- resp. Geraden-Systeme ausdrücken.

Endlich werden in Kapitel IV kurz die Projectivitätsarten der Gebilde im Raume angedeutet.

Durch eine Gleichung von der Form

$$x(a_1x' + b_1y' + c_1z' + d_1) + y(a_2x' + b_2y' + c_2z' + d_2) + z(a_3x' + b_3y' + c_3z' + d_3) + a_4x' + b_4y' + c_4z' + d_4 = 0 \tag{3}$$

*) Nach den Untersuchungen von Chasles, Schröter u. A.

**) Es wird darauf hingewiesen, dass wir die Construction mittelst der imaginären Ellipse so ausgeführt denken, als ob eine Ellipse, welche dieselben Hauptaxen besitzt, reell vorläge; nur soll jedes Mal ein durch Construction erhaltenes correlatives Gebilde durch das entgegengesetzte ersetzt werden; das heisst ein Punkt ist durch einen entgegengesetzten zu ersetzen, indem das Ellipsencentrum als Inversionscentrum fungirt; ebenso eine Gerade durch eine entgegengesetzt gelegene parallele Gerade.

oder

$$x'(a_1 x + a_2 y + a_3 z + a_4) + y'(b_1 x + b_2 y + b_3 z + b_4) + z'(c_1 x + c_2 y + c_3 z + c_4) + d_1 x + d_2 y + d_3 z + d_4 = 0$$

wird die allgemeinste Correlation eines Punkt- und eines Ebenensystems im Raume ausgedrückt. Die Projectivitätscurven werden jetzt durch die krummen Projectivitätsflächen (II. Ordnung und II. Classe) ersetzt.

Der besondere Fall $a_1 = a_2 = a_3 = b_1 = b_2 = b_3 = c_1 = c_2 = c_3$ wird auch hier als eine krystallographische Projectivitätsart bezeichnet.

Durch zwei Gleichungen von der Form (3) wird die Correlation zwischen einem Punkt- und einem Geraden-System im Raume ausgedrückt.

Hier wird wieder die Correlation durch eine Projectivitätscurve bestimmt, und zwar durch eine, durch die Schnittpunkte zweier mittelst der Gleichungen der Form (3) bestimmten Projectivitätsflächen gegebene Raumcurve. Diese Curve ist im Allgemeinen 4. Grades und ihre Punkte liegen nicht in einer Ebene.

Endlich wird durch die drei Gleichungen der Form (3) wieder die Zuordnung zweier gleichförmiger Raumgebilde bestimmt. Für uns ist aber nur der Fall der krystallographischen Projectivität von specieller Wichtigkeit, welcher die Ebenen eines Systems den Ebenen (nicht krummen Flächen) des anderen zuordnet und dabei die parallelen Ebenen den parallelen.

Als Anhang sind die Auflösungen dreier Aufgaben beigegeben, vom Standpunkte und nach der Methode der neueren Geometrie.

1) Die symmetrisch gleichen Richtungen eines und desselben Krystalls sind ebenso als projectiv-zugeordnete anzusehen. Nun entsteht die neue Aufgabe, die Gleichungen der Projectivität aufzustellen, durch welche diese Zuordnung in verschiedenen Fällen ausgedrückt wird. Die Auflösung der Aufgabe wird hier für den complicirtesten Fall (die Holoëdrie des tesseralen Systems) gegeben.

2) Hier sind die längst bekannten Gleichungen der Transformation der Indices gegeben, aber sie sind wieder als eine Aufgabe der Projectivitätslehre aufgefasst, und demgemäss liegt der Ableitung dieser Gleichungen ein neues Princip zu Grunde.

3) Hier werden endlich in der Terminologie des Herrn Reye die Beziehungen zwischen Linear- und gnomonischer Projection eines und desselben Krystallsystems besprochen.

Zweite Studie: Die Determinanten und das Doppelverhältniss im Gebiete der Krystallographie *).

In dieser Studie wird möglichst umfassend die Anwendung dieser so wichtigen mathematischen Begriffe der neueren Zeit im Gebiete der Krystallographie erläutert. In den drei ersten Kapiteln ist wenig Neues enthalten, was nicht in den Werken von Miller, Kronecker, Quint. Sella, Uzielli, Liebisch, Junghann enthalten wäre, aber hier ist das Princip des Dualismus am consequentesten durch die ganze Studie durchgeführt.

Kapitel 1: Ueber die Sinusfunction eines Trigonoeders. Zuerst wird der Begriff der Sinusfunction **) entwickelt, welche, wenn 1, 2, 3 irgend 3 Geraden und x_1, x_2, x_3 die rechtwinkligen Coordinaten bezeichnen, folgendermassen ausgedrückt wird

$$\operatorname{Sin}(123) = \begin{vmatrix} \cos(1\,x_1) & \cos(1\,x_2) & \cos(1\,x_3) \\ \cos(2\,x_1) & \cos(2\,x_2) & \cos(2\,x_3) \\ \cos(3\,x_1) & \cos(3\,x_2) & \cos(3\,x_3) \end{vmatrix}. \qquad (4)$$

*) Bergjournal 1886, Nr. 3, 395—425.

**) Von Staudt (Crelle's J. 24, 255) unrichtig »Sinus dreiseitiger Raumecke« genannt.

Endlich zur Bestimmung des Winkels einer Kante mit einer Flächennormale

$$\sin(x_0 x_1 x_2) \cos(r P) = \frac{\sum\limits_{i=0}^{2} p_i r_i}{\sqrt{\sum\limits_{i,k=0}^{2} C_{ik} p_i p_k \cos(O x_i) \cos(O x_k) \cdot \sum\limits_{i,k=0}^{2} \frac{\cos(x_i x_k) r_i r_k}{\cos(O x_i) \cos(O x_k)}}} \quad (22)$$

$$\sin(X_0 X_1 X_2) \cos(r P) = \frac{\sum\limits_{i=0}^{2} p_i r_i}{\sqrt{\sum\limits_{i,k=0}^{2} c_{ik} r_i r_k \cos(o X_i) \cos(o X_k) \cdot \sum\limits_{i,k=0}^{2} \frac{\cos(X_i X_k) p_i p_k}{\cos(o X_i) \cos(o X_k)}}} \quad (22')$$

Es sind noch die Formeln für zwei zu einander senkrechte Gebilde (einer Geraden und einer Ebene) angegeben.

Ist P eine zur Kante r senkrechte Ebene, so haben wir

$$P_0 : P_1 : P_2 = \cos(o X_0) \cdot \sum_{k=0}^{2} c_{1k} \cos(o X_k) r_k : \cos(o X_1) \sum_{k=0}^{2} c_{2k} \cos(o X_k) r_k : \cos(o X_2) \sum_{k=0}^{2} c_{3k} \cos(o X_k) r_k . \quad (23)$$

Ist R eine zur Krystallfläche p senkrechte Gerade, so haben wir

$$R_0 : R_1 : R_2 = \cos(O x_0) \cdot \sum_{k=0}^{2} C_{1k} \cos(O x_k) p_k : \cos(O x_1) \sum_{k=0}^{2} C_{2k} \cos(O x_k) p_k : \cos(O x_2) \sum_{k=0}^{2} C_{3k} \cos(O x_k) p_k . \quad (23')$$

Alle vorhergehenden Formeln vereinfachen sich, wenn wir von dem allgemeinsten Falle, welcher dem triklinen Subsysteme entspricht, zu den speciellen, zu den Fällen der symmetrischen Systeme übergehen, und ganz besonders bei dem Uebergange zum tesseralen System. Die einfachste Form der Gleichungen (17), (21) und (22) ist übrigens sehr gut bekannt.

Die Gleichungen (23) werden im Falle des tesseralen Systems:

$$P_0 : P_1 : P_2 = r_0 : r_1 : r_2 \quad \text{und} \quad R_0 : R_1 : R_2 = p_0 : p_1 : p_2 .$$

Kapitel III folgt in der Darstellung der Zonenlehre Miller und Liebisch.

Kapitel IV giebt mehrere Ausdrücke des Grundgesetzes der Krystallographie in Doppelverhältnissen, immer in dualistischer Form *).

---

*) Einige dieser Relationen wurden später (1888) von Herrn Hecht zum zweiten Male abgeleitet (Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. 1888, **1**, 79).

Darauf fussend habe ich weitere Folgerungen publicirt (Verhandlungen d. kaiserl. russischen mineralogischen Gesellschaft **25**, 53 ff.) und zwar einen strengen Beweis für den Satz geliefert, nach welchem »Symmetrieaxen« immer mögliche Krystallkanten (oder die Axen möglicher Zonen) sind, ebenso die Aufgabe über die Möglichkeit zu einander senkrechter Flächen (und Kanten) endgültig gelöst.

Dabei kam der von Herrn Liebisch begangene Fehler (Geometrische Krystallographie S. 195) zum Vorschein. Trotzdem blieb meine Hinweisung unbeachtet, und in desselben Autors Physikal. Krystallographie (S. 11) wurde der begangene Fehler von Neuem reproducirt. Meine hierauf bezügliche Notiz fand in dem Neuen Jahrbuch für Mineralogie keinen Platz und erschien in deutscher Sprache in den russischen Verhandlungen ...neral. Ges. **27**, 450—451.

Es seien a_0, a_1, a_2 die Abschnitte der krystallographischen Axen durch die Krystallfläche a; ebenso b_1, b_2, b_3 durch die Krystallfläche b; p_1, p_2, p_3 seien ganze Zahlen, so ist

$$\frac{a_0}{b_0} : \frac{a_1}{b_1} : \frac{a_2}{b_2} = p_0 : p_1 : p_2 . \quad (1)$$

Man sieht, p_0, p_1, p_2 sind die Indices der Fläche b, falls wir der Fläche a das Symbol (111) zuschreiben.

Ebenso (Gl. 8, Kapitel 2)

$$\frac{\cos(Px_0)}{\cos(Ox_0)} : \frac{\cos(Px_1)}{\cos(Ox_1)} : \frac{\cos(Px_2)}{\cos(Ox_2)} = p_0 : p_1 : p_2 . \quad (2)$$

Es seien A_0, A_1, A_2 die Coordinaten eines Punktes der Krystallkante A, und B_0, B_1, B_2, die eines Punktes der Krystallkante B; r_0, r_1, r_2 seien ganze Zahlen, so ist

$$\frac{A_0}{B_0} : \frac{A_1}{B_1} : \frac{A_2}{B_2} = r_0 : r_1 : r_2 . \quad (1')$$

Man sieht, r_0, r_1, r_2 sind die Indices der Kante B, falls wir der Kante A das Symbol [111] zuschreiben.

Ebenso (Gl. 10, Kapitel 2)

$$\frac{\cos(rX_0)}{\cos(oX_0)} : \frac{\cos(rX_1)}{\cos(oX_1)} : \frac{\cos(rX_2)}{\cos(oX_2)} = r_1 : r_2 : r_3 . \quad (2')$$

Ferner (Gl. 8c, Kapitel 2)

$$\frac{\mathrm{Sin}\,(P X_1 X_2)}{\mathrm{Sin}\,(O X_1 X_2)} : \frac{\mathrm{Sin}\,(X_0 P X_2)}{\mathrm{Sin}\,(X_0 O X_2)} : \frac{\mathrm{Sin}\,(X_0 X_1 P)}{\mathrm{Sin}\,(X_0 X_1 O)} = p_0 : p_1 : p_2 \quad (3)$$

respective (Gl. 10c, Kapitel 2)

$$\frac{\mathrm{Sin}\,(r x_1 x_2)}{\mathrm{Sin}\,(o x_1 x_2)} : \frac{\mathrm{Sin}\,(x_0 r x_2)}{\mathrm{Sin}\,(x_0 o x_2)} : \frac{\mathrm{Sin}\,(x_0 x_1 r)}{\mathrm{Sin}\,(x_0 x_1 o)} = r_0 : r_1 : r_2 . \quad (3')$$

Endlich

$$\frac{\sin(P^{\wedge} X_1 X_2)}{\sin(O^{\wedge} X_1 X_2)} : \frac{\sin(P^{\wedge} X_2 X_0)}{\sin(O^{\wedge} X_2 X_0)} : \frac{\sin(P^{\wedge} X_0 X_1)}{\sin(O^{\wedge} X_0 X_1)} = r_0 : r_1 : r_2 \quad (4a)$$

respective

$$\frac{\sin(r^{\wedge} x_1 x_2)}{\sin(o^{\wedge} x_1 x_2)} : \frac{\sin(r^{\wedge} x_2 x_0)}{\sin(o^{\wedge} x_2 x_0)} : \frac{\sin(r^{\wedge} x_0 x_1)}{\sin(o^{\wedge} x_0 x_1)} = p_0 : p_1 : p_2 . \quad (4a')$$

Hier bedeutet $P^{\wedge} X_1 X_2$ den Winkel der Normalen P mit der Ebene der Normalen X_1 und X_2 u. s. w.

Daraus folgt unmittelbar die sehr gut bekannte Gleichung der Rationalität der Doppelverhältnisse von vier einer Fläche (Kantenzone) angehörenden Kanten.

Wenn wir die durch eine Fläche $(p_0\, p_1\, p_2)$ auf den Coordinatenebenen abgegrenzten Dreiecksflächen mit $(b_0\, b_1\, b_2)$ bezeichnen, und die entsprechenden von der Fläche (111) abgegrenzten Dreiecksflächen mit $(d_0\, d_1\, d_2)$ bezeichnen, so haben wir noch

$$\frac{b_0}{d_0} : \frac{b_1}{d_1} : \frac{b_2}{d_2} = p_0\, p_1\, p_2 . \quad (7)$$

Hier bedeutet $r^{\wedge} x_1\, x_2$ den Winkel der Kante r mit der Coordinatenebene $x_1\, x_2$ u. s. w.

Daraus folgt unmittelbar die sehr gut bekannte Gleichung der Rationalität der Doppelverhältnisse von vier in einer Kante (Zonenaxe) sich schneidenden Flächen.

Wenn wir die durch eine zur Kante $[r_0\, r_1\, r_2]$ normale Fläche auf den zu den krystallographischen Axen normalen Flächen abgegrenzten Dreiecksflächen mit $(B_0\, B_1\, B_2)$ bezeichnen, und die entsprechenden durch die zu [111] normale Fläche abgegrenzten Dreiecksflächen mit $(D_0\, D_1\, D_2)$ bezeichnen, so haben wir

$$\frac{B_0}{D_0} : \frac{B_1}{D_1} : \frac{B_2}{D_2} = r_0\, r_1\, r_2 . \quad (7')$$

Als Anhang sind noch hier einige Determinanten angeführt, deren Glieder die Sinusfunctionen von irgend drei aus mehreren Geraden gebildeten Gonoëdern sind.

Die zu orthogonalen und isotropen Zonen gehörenden Sätze wurden später auch von Herrn Dr. Blasius wiederholt (Wiedemann's Ann. d. Phys. 1890, **41**. Auch diese Zeitschr. **21**, 114).

Die Gleichung vereinfacht sich für den Fall $\mu = 90^\circ$, d. h. für den Fall des geraden Zuges; ist aber $\mu = 0$, so haben die Gleichungen keinen bestimmten Sinn mehr. Um diesem Uebelstand vorzubeugen und den Formeln möglichst allgemeine Gültigkeit zu verschaffen, führe ich den Begriff der Deviation ein. Als Maass der Deviation dient das Verhältniss des Weges, welchen ein Punkt in der Richtung des Zuges durchläuft, zu seinem Abstand von der Axe des Zuges. Bezeichnet man den Coëfficienten der Deviation durch M, so existirt zwischen M und m folgende Relation:

$$m = 1 + M \sin \mu . \tag{29}$$

Die Gleichungen (27) nehmen jetzt die Form an

$$\begin{aligned} x_1' &= x_1 [1 - M \sin \alpha \cos (\alpha + \mu)] + x_2 M \cos \alpha \cos (\alpha + \mu) \\ x_2' &= - x_1 M \sin \alpha \sin (\alpha + \mu) + x_2 [1 + M \cos \alpha \sin (\alpha + \mu)]. \end{aligned} \tag{27a}$$

Ist $\mu = 90^\circ$, so erhalten wir den geraden Zug

$$\begin{aligned} x_1' &= x_1 (1 + M \sin^2 \alpha) - x_2 M \cos \alpha \sin \alpha \\ x_2' &= - x_1 M \sin \alpha \cos \alpha + x_2 (1 + M \cos^2 \alpha). \end{aligned} \tag{30}$$

Ist $\mu = 0$, so erhalten wir die Verschiebung

$$\begin{aligned} x_1' &= x_1 (1 - M \sin \alpha \cos \alpha) + x_2 M \cos^2 \alpha \\ x_2' &= - x_1 M \sin^2 \alpha + x_2 (1 + M \sin \alpha \cos \alpha). \end{aligned} \tag{19}$$

In diesem Falle ist M der Coëfficient der Verschiebung.

Die Ellipse der Projectivität *) ist jetzt

$$x_1'^2 [1 + 2 M \cos \alpha \sin (\alpha + \mu) + M^2 \sin^2 (\alpha + \mu)] + x_1'^2 [1 - 2 M \sin \alpha \cos (\alpha + \mu) + M^2 \cos^2 (\alpha + \mu)] - x_1' x_2' M [2 \cos (2 \alpha + \mu) + M \sin 2 (\alpha + \mu)] = (1 + M \sin \mu)^2. \tag{31}$$

Die Axen dieser Ellipse sind durch die Gleichung

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{2 \sin (2 \alpha + \mu) + M \cos (2 \alpha) \pm \sqrt{4 + 4 M \sin \mu + M^2}}{2 \cos (2 \alpha + \mu) - M \sin (2 \alpha) \sin 2 (\alpha + \mu)} \tag{32}$$

bestimmt. Die durch φ bestimmte Richtung ändert sich jetzt in

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{\sin \varphi + M \sin (\alpha + \mu) \sin (\varphi - \alpha)}{\cos \varphi + M \cos (\alpha + \mu) \sin (\varphi - \alpha)}. \tag{33}$$

Der entsprechende Coëfficient des Zuges ist

$$m = \sqrt{1 + 2 M \sin (\varphi - \alpha) \cos (\alpha + \mu - \varphi) + M^2 \sin^2 (\varphi + \alpha)}. \tag{34}$$

Im allgemeinen Falle des schiefen Zuges gelten die Relationen

$$a_{11} a_{22} + 1 = a_{12} a_{21} + a_{11} + a_{22} . \tag{48}$$

Weiter ist der Fall zweier auf einander folgender Züge einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Man findet dabei, dass das Resultat sich verschieden erweist, je nach der Ordnung, in welcher die beiden Züge erfolgen.

Es sind aber solche Combinationen zweier auf einander folgender Züge denkbar, bei denen die Ordnung, in welcher sie erfolgen, von keinem Belang ist, und das Resultat dasselbe bleibt. Solche Züge sind conjugirte genannt worden, und es lässt sich das jTheorem aufstellen, nach welchem die allgemeinste krystallographisch-proective Deformation als eine Combination von zwei conjugirten Zügen betrachtet werden kann.

In dieser Combination können Richtung und Axe des Zuges vertauscht werden.

Es sind weiter die Formeln für eine solche Combination aufgestellt. Da aber in

*) In der Richtung der Zugaxe und in der in Bezug auf die Ellipsenaxen zu ihr symmetrischen Richtung erfolgt keine Deformation (der bezügliche Zugcoëfficient ist 1).

diesen Formeln eine Grösse sich unter der Quadratwurzel befindet, welche auch negativ sein kann, so sind diese Formeln für nicht allgemein gültige zu halten.

In dem Kapitel II ist die analoge Untersuchung für Raumgebilde ausgeführt worden.

Die allgemeinsten Gleichungen der Projectivität sind jetzt (in vereinfachter Form)

$$\begin{aligned} x_1' &= a_{11}\,x_1 + a_{12}\,x_2 + a_{13}\,x_3 \\ x_2' &= a_{21}\,x_1 + a_{22}\,x_2 + a_{23}\,x_3 \\ x_3' &= a_{31}\,x_1 + a_{32}\,x_2 + a_{33}\,x_3\,. \end{aligned} \tag{1a}$$

Man findet leicht, dass die diesen Gleichungen entsprechende Deformation sich analog verhält, und zwar: eine Ebene bleibt als solche auch nach der erfolgten Deformation bestehen, und die ursprünglich parallelen Ebenen bleiben parallel. Paralleloëder bleiben auch solche nach der erfolgten Deformation.

Eine Kugel $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = r^2$ verwandelt sich in das Ellipsoid (der Projectivität):

$$(\alpha_{11}\,x_1' + \alpha_{21}\,x_2' + \alpha_{31}\,x_3')^2 + (\alpha_{12}\,x_1' + \alpha_{22}\,x_2' + \alpha_{32}\,x_3')^2 + (\alpha_{13}\,x_1' + \alpha_{23}\,x_2' + \alpha_{33}\,x_3')^2 = r^2\,\varDelta^2, \tag{4}$$

wo $\varDelta$ die Determinante und α_{ik} die Subdeterminanten I. Grades sind.

Ist eine Tangentialebene zu einer beliebigen Fläche gegeben, so bleibt die entsprechende (zugeordnete) Ebene tangential auch nach der erfolgten Deformation.

Eine durch die Winkel $(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$ bestimmte Richtung ändert sich nach der erfolgten Deformation in eine andere, durch die Winkel $(\varphi_1', \varphi_2', \varphi_3')$ bestimmte und man findet leicht die Relation

$$\frac{\cos\varphi_1'}{a_{11}\cos\varphi_1 + a_{12}\cos\varphi_2 + a_{13}\cos\varphi_3} = \frac{\cos\varphi_2'}{a_{21}\cos\varphi_1 + a_{22}\cos\varphi_2 + a_{23}\cos\varphi_3} = \frac{\cos\varphi_3'}{a_{31}\cos\varphi_1 + a_{32}\cos\varphi_2 + a_{33}\cos\varphi_3}. \tag{10}$$

Der diesen Richtungen entsprechende Zugcoëfficient ist

$$m = \sqrt{(a_{11}\cos\varphi_1 + a_{12}\cos\varphi_2 + a_{13}\cos\varphi_3)^2 + (a_{21}\cos\varphi_1 + a_{22}\cos\varphi_2 + a_{23}\cos\varphi_3)^2 + (a_{31}\cos\varphi_1 + a_{32}\cos_2 + a_{33}\cos\varphi_3)^2}. \tag{9}$$

Eine Ebene $x_1\cos\psi_1 + x_2\cos\psi_2 + x_3\cos\psi_3 = 0$ wird ebenso einem Zuge m_p unterworfen, welcher folgenderweise bestimmt wird:

$$m_p = \sqrt{(\alpha_{11}\cos\psi_1 + \alpha_{12}\cos\psi_2 + \alpha_{13}\cos\psi_3)^2 + (\alpha_{21}\cos\psi_1 + \alpha_{22}\cos\psi_2 + \alpha_{23}\cos\psi_3)^2 + (\alpha_{31}\cos\psi_1 + a_{32}\cos\psi_2 + \alpha_{33}\cos\psi_3)^2}. \tag{12}$$

Der Volumencoëfficient wird einfach durch die Determinante $\varDelta$ der Gleichungen angegeben.

Bezeichnen wir zwei Gerade durch die Ziffern 1 und 2 und die ihnen entsprechenden Geraden nach der erfolgten Deformation durch 1′ und 2′, und auch die ihnen angehörenden Zugcoëfficienten durch m_1 und m_2, so haben wir zur Berechnung des Winkels 1′2′ nach der Deformation

$$m_1\,m_2\cos(1'2') = \sum_{i,k,l=1}^{3} a_{ik}\,a_{il}\cos(1\,x_k)\cos(2\,x_l) \tag{15}$$

und

$$m_1\,m_2\sin(1'2') = \sqrt{\begin{vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \cos(1\,x_1) & \cos(1\,x_2) & \cos(1\,x_3) \\ \cos(2\,x_1) & \cos(2\,x_2) & \cos(2\,x_3) \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \cos(1\,x_1) & \cos(1\,x_2) & \cos(1\,x_3) \\ \cos(2\,x_1) & \cos(2\,x_2) & \cos(2\,x_3) \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \\ \cos(1\,x_1) & \cos(1\,x_2) & \cos(1\,x_3) \\ \cos(2\,x_1) & \cos(2\,x_2) & \cos(2\,x_3) \end{vmatrix}^2}. \tag{16}$$

Analoge Ausdrücke erhalten wir auch für die Flächenwinkel. Bedeuten I und II zwei Flächennormalen, m_{pI} und m_{pII} die ihnen angehörenden Zugcoëfficienten, so haben wir

$$m_{p1}\, m_{p2} \cos(\mathrm{I'\,II'}) = \sum_{i,k,l=1}^{3} a_{ik}\, a_{il} \cos(\mathrm{I}\, x_k) \cos(\mathrm{II}\, x_l) \tag{17}$$

und

$$m_{p1}\, m_{p2} \sin(\mathrm{I'\,II'}) = \Delta \sqrt{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ \cos(\mathrm{I}\,x_1) & \cos(\mathrm{I}\,x_2) & \cos(\mathrm{I}\,x_3) \\ \cos(\mathrm{II}\,x_1) & \cos(\mathrm{II}\,x_2) & \cos(\mathrm{II}\,x_3) \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ \cos(\mathrm{I}\,x_1) & \cos(\mathrm{I}\,x_2) & \cos(\mathrm{I}\,x_3) \\ \cos(\mathrm{II}\,x_1) & \cos(\mathrm{II}\,x_2) & \cos(\mathrm{II}\,x_3) \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} a_{31} & a_{32} & a_{33} \\ \cos(\mathrm{I}\,x_1) & \cos(\mathrm{I}\,x_2) & \cos(\mathrm{I}\,x_3) \\ \cos(\mathrm{II}\,x_1) & \cos(\mathrm{II}\,x_2) & \cos(\mathrm{II}\,x_3) \end{vmatrix}^2}\,. \tag{19}$$

Wenn nach einer Deformation mit der Determinante Δ eine andere erfolgt mit der Determinante Δ', so ist den Formeln der Substitutionslehre zufolge die Determinante des combinirten Systems $\Delta\Delta'$, d. h. der Volumenzugcoëfficient gleich dem Producte der Volumenzugcoëfficienten der einzelnen Deformationen, was übrigens a priori klar ist.

Wie im Falle der Projectivität auf der Ebene, so sind auch hier verschiedene Specialfälle zu unterscheiden.

1) Die Identität wird durch die folgenden Relationen bestimmt:

$$a_{11} = a_{22} = a_{33} = 1\,;\; a_{12} = a_{13} = a_{21} = a_{23} = a_{31} = a_{32} = 0\,. \tag{21}$$

2) Für die Transformation der Coordinaten gilt

$$\begin{aligned} a_{11}^2 + a_{21}^2 + a_{31}^2 &= 1 & a_{11}a_{12} + a_{21}a_{22} + a_{31}a_{32} &= 0 \\ a_{12}^2 + a_{22}^2 + a_{32}^2 &= 1 & a_{11}a_{13} + a_{21}a_{23} + a_{31}a_{33} &= 0 \\ a_{13}^2 + a_{23}^2 + a_{33}^2 &= 1 & a_{12}a_{13} + a_{22}a_{23} + a_{32}a_{33} &= 0. \end{aligned} \tag{22}$$

3) Für den Fall der Aehnlichkeit erhalten wir

$$\begin{aligned} a_{11}^2 + a_{21}^2 + a_{31}^2 &= m^2 & a_{11}a_{12} + a_{21}a_{22} + a_{31}a_{32} &= 0 \\ a_{12}^2 + a_{22}^2 + a_{32}^2 &= m^2 & a_{11}a_{13} + a_{21}a_{23} + a_{31}a_{33} &= 0 \\ a_{13}^2 + a_{23}^2 + a_{33}^2 &= m^2 & a_{12}a_{13} + a_{22}a_{23} + a_{32}a_{31} &= 0. \end{aligned} \tag{23}$$

Wenn man in diesen Gleichungen die Grösse m^2 eliminirt, so erhält man die theoretisch nöthigen 5 Gleichungen.

4) Für den Fall der Verschiebung haben wir als Gleichung des Ellipsoides*) der Projectivität, wenn wir die mit den Coordinaten gebildeten Winkel der zur Verschiebungsfläche normalen Richtung mit $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ bezeichnen und die zur Verschiebungsrichtung gehörenden Winkel mit (χ_1, χ_2, χ_3):

$$[x_1' - n(x_1' \cos\alpha_1 + x_2' \cos\alpha_2 + x_3' \cos\alpha_3)\cos\chi_1]^2 + [x_2' - n(x_1' \cos\alpha_1 + x_2' \cos\alpha_2 + x_3' \cos\alpha_3)\cos\chi_2]^2 + [x_3' - n(x_1' \cos\alpha_1 + x_2' \cos\alpha_2 + x_3' \cos\alpha_3)\cos\chi_3]^2 = 1\,. \tag{27}$$

Der einer durch $(\varphi_1\,\varphi_2\,\varphi_3)$ bestimmten Richtung angehörende Zugcoëfficient ist

$$m = \sqrt{[\cos\varphi_1 + n\cos\chi_1 \cos(\alpha^\wedge\varphi)]^2 + [\cos\varphi_2 + n\cos\chi_2\cos(\alpha^\wedge\varphi)]^2 + [\cos\varphi_3 + n\cos\chi_3\cos(\alpha^\wedge\varphi)]^2}\,^{**)}. \tag{28}$$

Die entsprechende Richtung nach der erfolgten Deformation wird durch die Gleichungen geliefert

$$\frac{\cos\varphi_1'}{\cos\varphi_1 + n\cos\chi_1\cos(\alpha^\wedge\varphi)} = \frac{\cos\varphi_2'}{\cos\varphi_2 + n\cos\chi_2\cos(\alpha^\wedge\varphi)} = \frac{\cos\varphi_3'}{\cos\varphi_3 + n\cos\chi_3\cos(\alpha^\wedge\varphi)}\,. \tag{29}$$

---

*) Die Ebene der Verschiebung ist eine der zwei Kreisschnittebenen des Ellipsoides. In diesen beiden Ebenen erfolgt keine Deformation.

**) Hier bedeutet $\alpha^\wedge\varphi$ den Winkel zwischen den durch α und φ bestimmten Richtungen. Also $\cos\alpha^\wedge\varphi = \cos\alpha_1\cos\varphi_1 + \cos\alpha_2\cos\varphi_2 + \cos\alpha_3\cos\varphi_3$.

Der Flächen-Zugcoëfficient ist

$$m_p = \sqrt{[\cos\psi_1 - n\cos\alpha_1\cos(\chi^\wedge\psi)]^2 + [\cos\psi_2 - n\cos\alpha_2\cos(\chi^\wedge\psi)]^2 + [\cos\psi_3 - n\cos\alpha_3\cos(\chi^\wedge\psi)]^2}. \quad (30)$$

Entsprechen den drei Richtungen 1, 2 und 3 die Zugcoefficienten m_1, m_2, m_3, so ist

$$m_1 m_2 m_3 \operatorname{Sin}(1'2'3') = \operatorname{Sin}(1\,2\,3). \quad (31)$$

Der dem Winkel 1 2 nach der erfolgten Deformation entsprechende ist

$$\cos(1'2')\,m_1 m_2 = \sum_{i,k,l=1}^{3}(\cos(x_i x_k) + n\cos\chi_i\cos\alpha_k)\,[\cos(x_i x_l) + n\cos\chi_i\cos\alpha_l]\cos(1x_k)\cos(2x_l). \quad (32)$$

Für die entsprechenden Flächenwinkel haben wir

$$\cos(\mathrm{I}'\mathrm{II}')\,m_1 m_2 = \sum_{i,k,l=1}^{3}[\cos(x_i x_k) - n\cos\chi_k\cos\alpha_i]\,[\cos(x_i x_l) - n\cos\chi_l\cos\alpha_i]\cos(\mathrm{I}x_k)\cos(\mathrm{II}x_l). \quad (33)$$

Als Charakteristik der Verschiebung dienen die Relationen:

$$\frac{a_{11}-1}{a_{13}} = \frac{a_{21}}{a_{23}} = \frac{a_{31}}{a_{33}-1} \text{ und } \frac{a_{12}}{a_{13}} = \frac{a_{22}-1}{a_{23}} = \frac{a_{32}}{a_{33}-1};\ \Delta = 1. \quad (34)$$

5) Für den Fall des Zuges gilt der Satz:

Der Volumen-Zugcoëfficient ist die Determinante Δ.

Wenn man auch hier den Begriff der Deviation einführt, deren Coëfficient mit m durch die Relation $m = 1 + M\cos(\alpha\chi)$ verbunden ist, so gelten als Gleichungen der Deviation:

$$\begin{aligned} x_1' &= x_1(1 + M\cos\alpha_1\cos\chi_1) + x_2 M\cos\alpha_2\cos\chi_1 + x_3 M\cos\alpha_3\cos\chi_1, \\ x_2' &= x_1 M\cos\alpha_1\cos\chi_2 + x_2(1 + M\cos\alpha_2\cos\chi_2) + x_3 M\cos\alpha_3\cos\chi_2, \quad (35a) \\ x_3' &= x_1 M\cos\alpha_1\cos\chi_3 + x_2 M\cos\alpha_2\cos\chi_3 + x_3(1 + M\cos\alpha_3\cos\chi_3). \end{aligned}$$

Ist $(\alpha\chi) = 0^0$, so erhalten wir den g e r a d e n Zug.

Ist $(\alpha\chi) = 90^0$, so erhalten wir die Gleichungen der Verschiebung.

Für das Ellipsoid*) der Projectivität gilt die Gleichung

$$\sum_{i=1}^{3}\{x_i' + M[\cos(\alpha\chi)x_1' - \cos\chi_i(x_1'\cos\alpha_1 + x_2'\cos\alpha_2 + x_3'\cos\alpha_3)]\}^2 = [1 + M\cos(\alpha\chi)]^2. \quad (39)$$

Der Zugcoëfficient für die Richtung $(\varphi_1\varphi_2\varphi_3)$ ist

$$m = \sqrt{\sum_{i=1}^{3}(\cos\varphi_1 + M\cos(\alpha\varphi)\cos\chi_i)^2}. \quad (40)$$

Der Richtung $(\varphi_1\varphi_2\varphi_3)$ entspricht nach der erfolgten Deformation die Richtung $(\varphi_1'\varphi_2'\varphi_3')$

$$\frac{\cos\varphi_1'}{\cos\varphi_1 + M\cos(\alpha\varphi)\cos\chi_1} = \frac{\cos\varphi_2'}{\cos\varphi_2 + M\cos(\alpha\varphi)\cos\chi_2} = \frac{\cos\varphi_3'}{\cos\varphi_3 + M\cos(\alpha\varphi)\cos\chi_3}. \quad (41)$$

Den Flächen-Zugcoëfficient (die Normale durch ψ_1, ψ_2, ψ_3 bestimmt)

$$m_p = \sqrt{\sum_{i=1}^{3}\{\cos\psi_i[1 + M\cos(\alpha\chi)] - M\cos\alpha_i\cos(\psi\chi)\}^2}. \quad (42)$$

*) Die Ebene des Zuges ist eine der zwei Kreisschnittebenen des Ellipsoides. In diesen beiden Ebenen erfolgt keine Deformation.

Die Lage der Ebene $(\psi_1 \psi_2 \psi_3)$ nach der erfolgten Deformation:

$$\frac{\cos \psi_1'}{\cos \psi_1 + M\,[\cos(\alpha\chi) \cos \psi_1 - \cos(\psi\chi) \cos \alpha_1]} = \frac{\cos \psi_2'}{\cos \psi_2 + M\,[\cos(\alpha\chi) \cos \psi_2 - \cos(\psi\chi) \cos \alpha_2]}$$
$$= \frac{\cos \psi_3'}{\cos \psi_3 + M\,[\cos(\alpha\chi) \cos \psi_3 - \cos(\psi\chi) \cos \alpha_3]}. \quad (43)$$

Für Trigonoëder haben wir jetzt

$$m_1 m_2 m_3 \operatorname{Sin}(1'2'3') = [1 + M\,(\cos \alpha\chi)] \operatorname{Sin}(1\,2\,3). \quad (44)$$

Zur Berechnung der ebenen Winkel gilt

$$m_1 m_2 \cos(1'2') = \sum_{i,k,l=1}^{3} [\cos(x_k x_i) + M \cos \alpha_k \cos \chi_i]\,[\cos(x_l \chi_i) + M \cos \alpha_l \cos \chi_i] \cos(1 x_k) \cos(2 x_l) \quad (45)$$

und für die Flächenwinkel

$$m_{p1} m_{p2} \cos(\mathrm{I}'\mathrm{II}') = \sum_{i,k,l=1}^{3} \{\cos(x_k x_i)\,[1 + M \cos(\alpha\chi)] - M \cos \alpha_k \cos \chi_i\} \{\cos(x_l x_i)\,[1 + M \cos(\alpha\chi)] - M \cos \alpha_l \cos \chi_i\} \cos(\mathrm{I}\,x_k) \cos(\mathrm{II}\,x_i). \quad (46)$$

Für uns ist besonders ein Fall von Wichtigkeit, in welchem die Zugrichtung gleiche Winkel bildet mit den Coordinatenaxen, welche ebenfalls gleichwinklig sind.

In diesem Falle des geraden Zuges haben wir
$\cos \alpha_1 = \cos \alpha_2 = \cos \alpha_3 = \cos \chi_1 = \cos \chi_2 = \cos \chi_3 = 1 : \sqrt{3}$, und die Projectivitätsgleichungen nehmen die Form an:

$$x_1' = x_1 + \frac{M}{3}(x_1 + x_2 + x_3)$$
$$x_2' = x_2 + \frac{M}{3}(x_1 + x_2 + x_3) \quad (48)$$
$$x_3' = x_3 + \frac{M}{3}(x_1 + x_2 + x_3).$$

Jetzt ist $M = m - 1$, und $m = \sqrt{\frac{2 \cos X' + 1}{1 - \cos X'}} = \sqrt{\frac{1 - \cos x'}{2 \cos x' + 1}}$, (53)

wo X den Winkel zwischen den Coordinatenaxen und x denjenigen zwischen den Coordinatenebenen bedeutet.

Für diesen Fall gelten die Relationen

$$\frac{a_{11} - 1}{a_{12}} = \frac{a_{21}}{a_{22}} = \frac{a_{31}}{a_{33} - 1}; \quad \frac{a_{12}}{a_{13}} = \frac{a_{22} - 1}{a_{23}} = \frac{a_{32}}{a_{33} - 1}. \quad (54)$$

Man versteht leicht, dass auch hier das Resultat sich im Allgemeinen verschieden erweist, je nach der Reihenfolge der Züge.

Aber wir finden auch den Fall von drei conjugirten Zügen. Derselbe tritt nämlich ein, wenn wir von drei bestimmten Richtungen eine als Richtung des Zuges nehmen, dessen Ebene den beiden anderen parallel ist, dann eine zweite Richtung als die des Zuges und als Ebene desselben die den beiden anderen parallele, und endlich eine dritte Richtung als die des Zuges und als Ebene desselben die den beiden anderen parallele; alsdann sind diese drei Züge conjugirt, und die Ordnung, in der sie erfolgen, ist ohne Belang.

Auch hier gilt das Theorem, dass die allgemeinste krystallographisch-projective Deformation als eine Combination von drei conjugirten (nicht immer reellen) Zügen betrachtet werden kann.

Vierte Studie: Das System der krystallographischen Berechnungen, welches die projectiven Eigenschaften der Krystalle zur Basis hat (Bergjournal 1887, Nr. 4).

In der Einleitung sind die Grundzüge der numerischen und der graphischen Berechnungen erörtert. Letzteres bildet aber den Inhalt des III. Kapitels der vorhergehenden Originalabhandlung.

Zuerst wird bewiesen, dass, wenn für die Kanten die Projectivitätsgleichungen

$$\frac{r_0'}{r_1'} = \frac{A_{11}r_0 + A_{12}r_1 + A_{13}r_2}{A_{21}r_0 + A_{22}r_1 + A_{23}r_2}, \quad \frac{r_1'}{r_2'} = \frac{A_{21}r_0 + A_{22}r_1 + A_{23}r_2}{A_{31}r_0 + A_{32}r_1 + A_{33}r_2} \tag{5}$$

gelten, so sind die entsprechenden Gleichungen für die Flächen folgende

$$\frac{p_0'}{p_1'} = \frac{\alpha_{11}p_0 + \alpha_{12}p_1 + \alpha_{13}p_2}{\alpha_{21}p_0 + \alpha_{22}p_1 + \alpha_{23}p_2}, \quad \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{\alpha_{21}p_0 + \alpha_{22}p_1 + \alpha_{23}p_2}{\alpha_{31}p_0 + \alpha_{32}p_1 + \alpha_{33}p_2} \tag{6}$$

wo α_{ik} die Subdeterminanten 1. Grades der aus A_{ik} zusammengesetzten Determinante sind.

Zieht man in Betracht, dass in diesen Gleichungen die Coordinatenaxen willkürlich vorausgesetzt werden, so ist klar, dass bei geeigneter Wahl dieser Axen die Gleichungen sich ansehnlich vereinfachen lassen. Bei dieser Vereinfachung sind verschiedene Typen solcher Projectivitätsgleichungen aufzustellen.

Von mir sind folgende Voraussetzungen aufgestellt. Die Fläche der Axen x_1 und x_2 nehme ich als (100) und die dieser Fläche parallele (verticale) Axe x_2 als [001]. Dann erhalten wir $A_{13} = 0$, $A_{23} = 0$, $\alpha_{21} = 0$ und $\alpha_{31} = 0$; auch $A_{12} = 0$ und $\alpha_{32} = 0$ und man erhält für das trikline Subsystem

für die Flächen

$$\frac{p_0'}{p_1'} = \frac{a_1p_0 + a_2p_1 + a_3p_2}{a_4p_1 + a_5p_2} = \frac{b_2b_5p_0 - b_1b_5p_1 + (b_1b_4 - b_2b_3)p_2}{b_5p_1 - b_4p_2}, \quad \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{a_4p_1 + a_5p_2}{p_2} = \frac{b_5p_1 - b_4p_2}{b_2p_2} \tag{7}$$

und auch umgekehrt

$$\frac{p_0}{p_1} = \frac{a_4p_0' - a_2p_1' + (a_2a_5 - a_3a_4)p_2'}{a_1p_2' - a_1a_5p_2'} = \frac{p_0' + b_1p_1' + b_3p_2'}{b_2p_1' + b_4p_2'}, \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{a_1p_2' - a_1a_5p_2'}{a_1a_4p_2'} = \frac{b_2p_1' + b_4p_2'}{b_5p_2'} \tag{7'}$$

und für die Kanten

$$\frac{r_0'}{r_1'} = \frac{r_0}{b_1r_0 + b_2r_1} = \frac{a_4r_0}{-a_2r_0 + a_1r_1}, \quad \frac{r_1'}{r_2'} = \frac{b_1r_0 + b_2r_1}{b_3r_0 + b_4r_1 + b_5r_2} = \frac{-a_2r_0 + a_1r_1}{(a_2a_5 - a_3a_4)r_0 - a_1a_5r_1 + a_1a_4r_3} \tag{8}$$

und auch umgekehrt

$$\frac{r_0}{r_1} = \frac{b_2b_5r_0'}{-b_1b_5r_0' + b_5r_1'} = \frac{a_1r_0'}{a_2r_0 + a_4r_1'}, \quad \frac{r_1}{r_2} = \frac{-b_1b_5r_0' + b_5r_1'}{(b_1b_4 - b_2b_3)r_0' - b_4r_1 + b_2r_2'} = \frac{a_2r_0 + a_4r_1'}{a_3r_0' + a_5r_1' + r_2'}. \tag{8'}$$

Die Aufgabe der Bestimmung der Coefficienten der Projectivitätsgleichungen, d. h. der neuen geometrischen Constanten, falls die alten gegeben sind, wird folgenderweise gelöst.

Es seien $c_0 : c_1 : c_2$ die Axeneinheiten,

(X_0'), (X_1') und (X_2') die ebenen Winkel zwischen den Axen $(x_1'x_2')$, $(x_2'x_0')$ und $(x_0'x_1')$, (x_0'), (x_1') und (x_2') die Flächenwinkel zwischen den Flächen $(X_1'X_2')$, $(X_2'X_0')$ und $(X_0'X_1')$, so findet man

$$\left.\begin{aligned} b_1 &= -\operatorname{cotg}(x_2') \\ b_2 &= \frac{c_2 \sin(X_0')}{c_1 \sin(X_1') \sin(x_2')} \\ b_3 &= \frac{\operatorname{cotg}(X_1')}{\sin(x_2')} \\ b_4 &= \frac{c_2 \cos(X_0')}{c_1 \sin(X_1') \sin(x_2')} \\ b_5 &= \frac{c_3}{c_1 \sin(X_1') \sin(x_2')} \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

und ferner

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= b_5 = \frac{c_3}{c_1 \sin(X_1') \sin(x_2')} \\ a_2 &= -\frac{b_1 b_5}{b_2} = \frac{c_3 \operatorname{cotg}(x_2')}{c_2 \sin(X_0')} \\ a_3 &= \frac{b_1 b_4}{b_2} - b_3 = -\operatorname{cotg}(X_0') \operatorname{cotg}(x_2') - \frac{\operatorname{cotg}(X_1')}{\sin(x_2')} \\ a_4 &= \frac{b_5}{b_2} = \frac{c_3}{c_2 \sin(X_0')} \\ a_5 &= -\frac{b_4}{b_2} = -\operatorname{cotg}(X_0') . \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

Für das **monokline** Subsystem vereinfachen sich alle Formeln, und zwar erhält man für die Flächen:

$$p_0' : p_1' : p_2' = a_1 p_0 + a_3 p_2 : a_4 p_1 : p_2 \quad (11)$$

und

$$p_0 : p_1 : p_2 = a_4 p_0' - a_3 a_4 p_2' : a_1 p_1' : a_1 a_4 p_2' \quad (15)$$

und für die Kanten

$$r_0' : r_1' : r_2' = a_4 r_0 : a_1 r_1 : -a_3 a_4 r_0 + a_1 a_4 r_2 \quad (12)$$

und

$$r_0 : r_1 : r_2 = a_1 r_0' : a_4 r_1' : a_3 r_0' + r_2' . \quad (16)$$

Weiter bestehen die Relationen

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= \frac{c_3}{c_1 \sin(X_2')} \\ a_3 &= -\operatorname{cotg}(X_2') \\ a_4 &= \frac{c_3}{c_2} . \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

Für das **rhombische** Subsystem geht die Vereinfachung weiter und wir erhalten

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0/c_1 : p_1/c_2 : p_2/c_3 \quad (17)$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = c_1 r_0 : c_2 r_1 : c_3 r_2 . \quad (18)$$

Für das **tetragonale** System haben wir endlich

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0 : p_1 : p_2/c_3 \quad (19)$$

und

$$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 : r_1 : r_2 c_3 . \quad (20)$$

Für das **hexagonale** System erhält man die symmetrischsten Gleichungen aus den Gleichungen (48) dritte Studie, II. Kapitel. Man gelangt nämlich zu

$$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 + r : r_1 + r : r_2 + r , \quad \text{wo } r = \frac{m-1}{3}(r_0 + r_1 + r_2) \quad (23)$$

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0 - p : p_1 - p : p_2 - p , \quad \text{wo } p = \frac{m-1}{3m}(p_0 + p_1 + p_2) . \quad (24)$$

Dabei ist $m = \sqrt{\frac{1 - \cos(x')}{1 + 2\cos(x')}}$, wo x' den Polarflächenwinkel des Hauptrhomboëders bedeutet.

Die Grundzüge des Systems der Berechnungen sind somit aufgestellt worden, und es bleiben nur die Anwendungen auf verschiedenartige Aufgaben näher zu betrachten.

Im I. Kapitel werden die Aufgaben behandelt, in welchen als gegebene Grössen ausschliesslich Symbole figuriren.

Dazu gehören die allgemein bekannten Aufgaben, in welchen die Symbole der Zonenaxen gesucht werden, wenn je zwei Flächen derselben durch Symbole ausgedrückt sind, und die umgekehrte Aufgabe der Ermittelung einer zwei gegebenen Kanten parallelen Fläche.

Weiter gehören hierzu die Aufgaben der Transformation der krystallographischen Axen. Da aber die Auflösung dieser Aufgabe schon oft in krystallographischen Werken erörtert wurde, so sehe ich davon ab und beschränke mich auf die Bemerkung, dass sogar in dem allgemeinsten Falle die einfachste Methode sich derjenigen analog erweist, welche in dem § 28 der vorhergehenden Abhandlung des Verf. (s. S. 645 f., Formel 30 u. 31) entworfen wurde. Ein solches Beispiel mit genügender Ausführlichkeit der Darstellung findet man im V. Kapitel bei der Berechnung des Axinits (s. S. 673 f.).

Endlich gehört hierzu auch die Aufgabe der Bestimmung der Symbole der Krystallflächen nach der erfolgten mechanischen Deformation (Verschiebung) des Krystalls.

Die Aufgabe ist so aufgestellt worden, wie es dem Stande der Theorie der Krystallstructur erforderlich erscheint*) und zwar:

Die Grundflächen des zu verschiebenden Krystalls sind $(p_{11}p_{12}p_{13})$, $(p_{21}p_{22}p_{23})$, $(p_{31}p_{32}p_{33})$; dabei ist die mittlere die Schiebungsfläche (früher Gleitfläche genannt). Es soll das Symbol $(p_1'p_2'p_3')$ der Fläche gefunden werden, welcher vor der erfolgten Verschiebung das Symbol $(p_1p_2p_3)$ gehört.

Bezeichnen wir die Determinante, deren Glieder (p_{ik}) sind, durch Δ, so finden wir

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1\Delta - p_{21}P : p_2\Delta - p_{22}P : p_3\Delta - p_{23}P, \tag{5}$$

wo $P = 2(p_1\pi_{21} + p_2\pi_{22} + p_3\pi_{23})$ (hier sind die π_{ik} die den Gliedern p_{ik} entsprechenden Subdeterminanten 2. Grades).

Man sieht daraus, dass sämmtliche der Zonenaxe $(\pi_{21}\pi_{22}\pi_{23})$ parallelen Flächen ihr Symbol unverändert behalten (weil in diesem Falle $P = 0$).

Hierzu gehören noch die Aufgaben der Winkelberechnungen der tesseralen Krystalle. Die bequemste Formel zu diesen Berechnungen (und den Winkelberechnungen überhaupt nach dem hier entwickelten System) ist

$$\operatorname{cotg}(ab) = \frac{a_0b_0 + a_1b_1 + a_2b_2}{k\sqrt{Z_0^2 + Z_1^2 + Z_2^2}}\;; \tag{11}$$

$(a_0a_1a_2)$ und $(b_0b_1b_2)$ sind die Symbole der Richtungen a und b; $(Z_0Z_1Z_2)$ ist das Symbol der Zone dieser Richtungen; k ist der Polfactor (nach Junghann).

In dem II. Kapitel sind die zonalen Rechnungsformeln auseinandergesetzt. Hier sind zwei längst bekannte Aufgaben einer eingehenden Behandlung unterworfen und zwar:

1) Es sind die Winkelverhältnisse von vier Gebilden p, p', p'' und p''' bekannt und ausserdem die Symbole von p, p' und p''. Gesucht das Symbol von p'''.

Zur Auflösung dient Gleichung (6) des III. Kapitels der zweiten Studie.

2) Es sind die Symbole von vier Gebilden p, p', p'' und p''' gegeben, und die Winkelverhältnisse von p, p' und p'' bekannt. Die Winkelverhältnisse von p''' zu den anderen gesucht.

Die Auflösung findet sich leicht auf Grund der in der zweiten Studie § 11 (Kapitel III) angegebenen Formeln.

*) Dies wurde 1887 publicirt. Später (1889) wurde die entsprechende Aufgabe erschöpfend untersucht (in dem Artikel: Zur Theorie der mechanischen Deformationen der Krystalle).

In dem Kapitel III sind zahlreiche zu sämmtlichen krystallographischen Systemen gehörende Beispiele der Winkelberechnungen mittelst Projectivitätsgleichungen und auch die Berechnungen der Coëfficienten dieser Gleichungen ausgeführt.

Als ein Beispiel möchte ich hier dasselbe angeben, welches auch von Th. Liebisch in seiner Geometrischen Krystallographie ziemlich complicirt ausgeführt wurde (S. 185—187), und zwar die Berechnung des Albits nach Messungen von Des Cloizeaux.

Nach den Formeln (10) der Einleitung berechnen wir für Albit

$$\frac{p_0'}{p_2'} = \frac{0,98371\,p_0 - 0,00056\,p_1 + 0,49815\,p_2}{p_2}, \quad \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{0,55940\,p_1 + 0,07080\,p_2}{p_2}.$$

Zu berechnen ist der Winkel zwischen den Flächen $(\bar{1}\bar{1}2)$ und $(\bar{1}11)$.

Zuerst sind die projectiven Symbole zu bestimmen.

Das Symbol $(\bar{1}\bar{1}2)$ ist durch $(\quad 0,00658 \cdot - 0,20875 \cdot 1)$

" " $(\bar{1}11)$ " " $(-0,48612 \cdot \quad 0,62990 \cdot 1)$ zu ersetzen.

Deshalb ist

$$\cos\{(\bar{1}\bar{1}2)^\wedge(1\bar{1}1)\} = \frac{-0,00658 \cdot 0,48612 - 0,20875 \cdot 0,62990 + 1}{\sqrt{(0,00658)^2 + (0,20875)^2 + 1}\,\sqrt{(0,48612)^2 + (0,62990)^2 + 1}}.$$

Nun finden wir

$$\log 0,00658 = \bar{3},818226 \qquad \log 0,20875 = \bar{1},319626$$
$$\log 0,48612 = \bar{1},686744 \qquad \log 0,62990 = \bar{1},799272$$

Also $\log(0,00658)^2 = \bar{5},636452 = \log 0,000043$

$\log(0,20875)^2 = \bar{2},639252 = \log 0,043576$

$+ 1$

$1,043619$; $\log 1,043619 = 0,018542$

$\log\sqrt{1,043619} = 0,009271$

$\log(0,48612)^2 = \bar{1},373488 = \log 0,236313$

$\log(0,62990)^2 = \bar{1},598544 = \log 0,396775$

$+ 1$

$1,633088$; $\log 1,633088 = 0,213010$

$\log\sqrt{1,633088} = 0,106505$

$\log(0,00658 \cdot 0,48612) = \bar{3},504970 = \log 0,003199$

$\log(0,20875 \cdot 0,62990) = \bar{1},118898 = \log 0,131492$

$\log 0,865309 = \bar{1},937172$

$- \log\sqrt{1,043619} = \bar{1},990729$

$- \log\sqrt{1,633088} = \bar{1},893495$

$\log\cos A = \bar{1},821396 = \log\cos 48^\circ 29' (5'')$.

Bei derselben Berechnung erhielt aber Th. Liebisch 48° 28′ 9″. Um zu entscheiden, welches Resultat das richtigere, wurde weiter die Berechnung des Maximal-Fehlers ausgeführt und als solcher $1\frac{1}{2}''$ gefunden.

Für Quarz haben wir die Projectivitätsgleichungen

$$p_0' : p_1' : p_2' = 26,407\,p_0 + p : 26,407\,p_1 + p : 26,407\,p_2 + p \quad (p = p_0 + p_1 + p_2).$$

Wenn wir aber bei der Berechnung die Zahl 26,407 durch 26,4 ersetzen, so machen wir dabei einen $\frac{1}{2}$ Minute nicht erreichenden Fehler.

Für Calcit haben wir ebenso

$$p_0' : p_1' : p_2' = 6,8756\,p_0 + p : 6,8756\,p_1 + p : 6,8756\,p_2 + p.$$

Wenn wir aber bei der Berechnung die Zahl 6,8756 durch 6,9 ersetzen, so machen wir dabei einen Fehler von 3′ (74° 53′ anstatt 74° 50′).

Diese Beispiele mögen genügen, um den Leser einigermassen in den Berechnungen mit Hülfe der Projectivitätsgleichungen zu orientiren.

In dem IV. Kapitel werden die directen Berechnungen der Elemente eines Krystalls aus den Beobachtungszahlen erklärt. Die Axeneinheiten werden nach der Formel

$$c_1 : c_2 : c_3 = \frac{1}{\cos\{(111)^\wedge(100)\}} : \frac{1}{\cos\{(111)^\wedge(010)\}} : \frac{1}{\cos\{(111)^\wedge(001)\}} \quad (9)$$

berechnet.

Sind die Flächenwinkel zwischen $X_0 = (100)$, $X_1 = (010)$, $X_2 = (001)$ und $O = (111)$ bekannt, so berechnen wir noch den Winkel $(x_1 x_2)$ und $(x_2 r)$, wo $x_1 = [010]$ und $r = [01\bar{1}]$ sind.

Dann gestalten sich die Berechnungen der Elemente in sehr einfacher Weise.

Setzen wir der Kürze wegen

$$\text{cotg}\,(x_1 x_2) = c_1; \quad \sin\,(x_1 x_2) = s_1; \quad \text{cotg}\,(X_2 X_0) = c_2$$
$$\text{cotg}\,(x_2 r) = c_3; \quad \sin\,(x_2 r) = c_3; \quad \text{cotg}\,(X_0 X_1) = c_4; \quad \text{cotg}\,(O X_0) = c_5,$$

so haben wir:

$$c_1 = -a_5; \; c_2 = a_3 s_1; \; c_3 = -(a_4 + a_5); \; c_4 = a_2/a_4; \; c_5 = (a_1 + a_2 + a_3) s_3$$

und auch umgekehrt

$$a_5 = -c_1; \; a_4 = c_1 - c_3; \; a_3 = c_2 s_1; \; a_2 = c_4 a_4; \; a_1 = c_5/s_3 - a_2 - a_3 .$$

Im allgemeinen Falle können wir vier willkürlich genommenen Flächen, welche nicht je drei einer Kante parallel gehen, die Symbole (100), (010), (001) und (111) zuschreiben, und, nachdem wir auf die angegebene Weise die Projectivitätsgleichungen gefunden haben, können wir die krystallographischen Axen transformiren und die Grössen $c_1 \ldots c_5$ bei diesen Axen neu berechnen; und dann finden wir leicht auch die richtigen Projectivitätsgleichungen.

Kapitel V ist der Bestimmung des Indices gewidmet, wenn die dazu nöthigen Winkel bekannt sind.

Zu diesen Berechnungen sind vier verschiedene Methoden vorgeschlagen, welche hier kurz dargelegt werden.

1) Die Methode der zonalen Berechnungen besteht darin, dass man zuerst in dem sphärischen Dreieck, in welchem alle drei Seiten bekannt sind, die Flächenwinkel k und l berechnet, deren Scheitelpunkte den Polen zweier gegebener Flächen angehören. Mit Hülfe dieser zwei Winkel berechnet man die Symbole der beiden durch die gegebenen und durch die gesuchte Fläche hindurch gehenden Zonen. Das Symbol der letzten berechnet sich aus den Symbolen der beiden Zonen. Diese Berechnungen sind ziemlich lang und lassen sich nicht empfehlen.

2) Nach der zweiten Methode der rationalen Zonen müssen ebenso zuerst die Winkel k und l berechnet werden, und hier besteht ebenso die Aufgabe darin, die Indices derselben beiden Zonen zu ermitteln. Die Berechnung lässt sich aber viel kürzer ausführen, und zwar nach der Formel

$$x_0' : x_1' : x_2' = t_1(r_1'k_2' - r_2'k_1') - K r_0' : t_1(r_2'k_0' - r_0'k_2') - K r_1' : t_1(r_0'k_1' - r_1'k_0') - K r_2'.$$

Hier bedeutet $t_1 = \text{tang}\, k$; $(k_0' k_1' k_2')$ sind die projectiven Indices einer der gegebenen Flächen, $(r_0' r_1' r_2')$ die Indices der durch die beiden Flächen hindurchgehenden Zone und $K = \sqrt{k_0'^2 + k_1'^2 + k_2'^2}$.

Ebenso erhält man eine analoge Gleichung für die zweite gegebene Zone, und aus beiden Gleichungen findet man die projectiven Indices der gesuchten Fläche.

3) Die dritte Methode der directen Berechnung erfordert die Auflösung einer Gleichung zweiten Grades, und zwar:

$$p_0'^2(K^2c_1^2 - k_0'^2) + p_1'^2(K^2c_1'^2 - k_1'^2) + p_2'^2(K^2c_1^2 - k_2'^2) - 2p_0'p_1'k_0'k_1' - 2p_1'p_2'k_1'k_2' - 2p_2'p_0'k_2'k_0' = 0$$

Die Grösse c_1 ist jetzt cos (kp), wo k eine bekannte und p die gesuchte Fläche ist.

Die andere zur Berechnung nöthige Gleichung ist:

$$p_0'(Nl_0' - x_0') + p_1'(Nl_1' - x_1') + p_2'(Nl_2' - x_2') = 0$$

N bedeutet hier $\frac{c_1 K}{c_2 L}$ $\left(L = \sqrt{l_0'^2 + l_1'^2 + l_2'^2}\right)$.

Die Methode hat den Vorzug, dass sie jeder Hülfsberechnungen entbehrt. Die Auflösung der Gleichung ist aber ziemlich complicirt und dabei das Resultat zweideutig.

4) Die am meisten zu empfehlende Methode ist die vierte, die der irrationalen Zonen. Die Methode ist besonders einfach, wenn die Winkel bekannt sind, welche die gesuchte Fläche p mit drei bekannten Flächen k, l und m bildet.

In diesem Falle finden wir zwei Gleichungen zur directen Berechnung der projectiven Indices p_0', p_1' und p_2':

$$\frac{Kc_1}{Lc_2} = \frac{p_0'k_0' + p_1'k_1' + p_2'k_2'}{p_0'l_0' + p_1'l_1' + p_2'l_2'} \qquad \frac{Lc_2}{Mc_3} = \frac{p_0'l_0' + p_1'l_1' + p_2'l_2'}{p_0'm_0' + p_1'm_1' + p_2'm_2'}$$

Hier ist $c_1 = \cos(pk)$; $c_2 = \cos(pl)$; $c_3 = \cos(pm)$.

Am Schlusse sind noch Formeln zur Berechnung der »rhombischen Schnitte« gegeben.

Wenn wir der unbekannten Fläche des Schnittes das Symbol $(x01)$ geben, so finden wir $x = (b_1 b_2 + b_3 b_4) b_4 b_5$.

Die Coëfficienten b sind durch die Gleichungen (7) und (8) der Einleitung (s. S. 709) bestimmt.

Autorenregister.

Sachregister.

A.

B.

C.

D.

Q.

R.

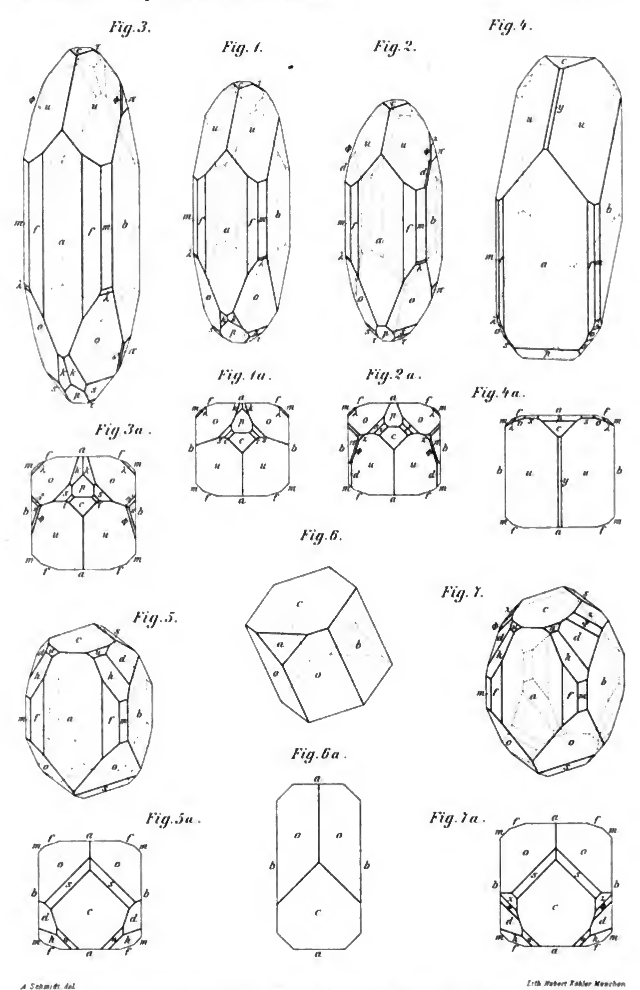
S.

T.

Berichtigungen:

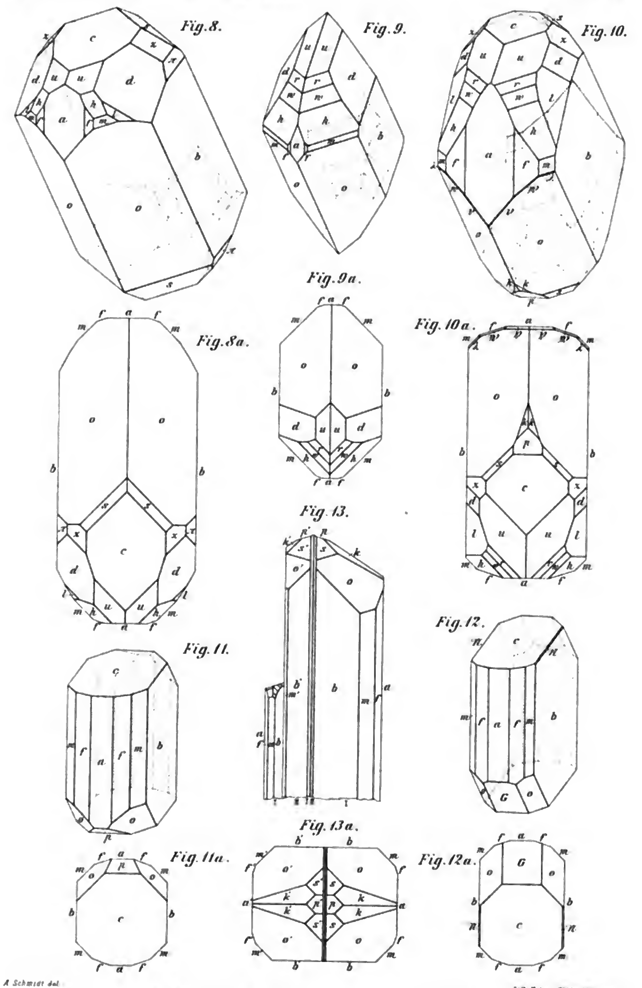
Seite 100 Zeile 12 v. oben lies: »c u. c'« statt »e und e'«.
Seite 100 u. 101 setze überall da, wo die Form nur aus einer Fläche besteht eine ( ) statt { } Klammer, wie auf S. 99.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

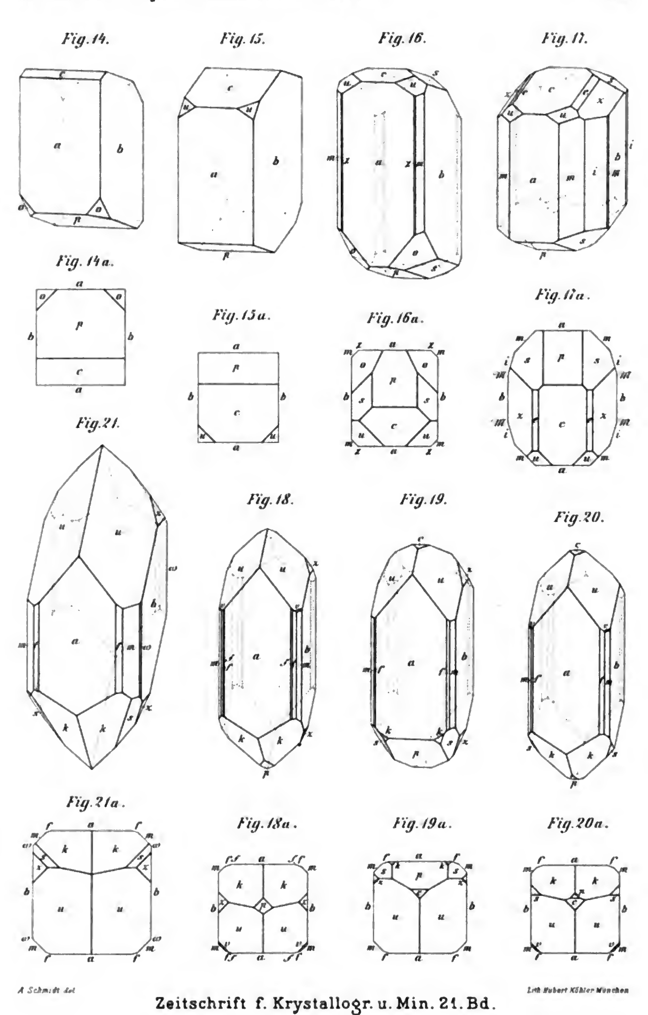


A. Schmidt del.

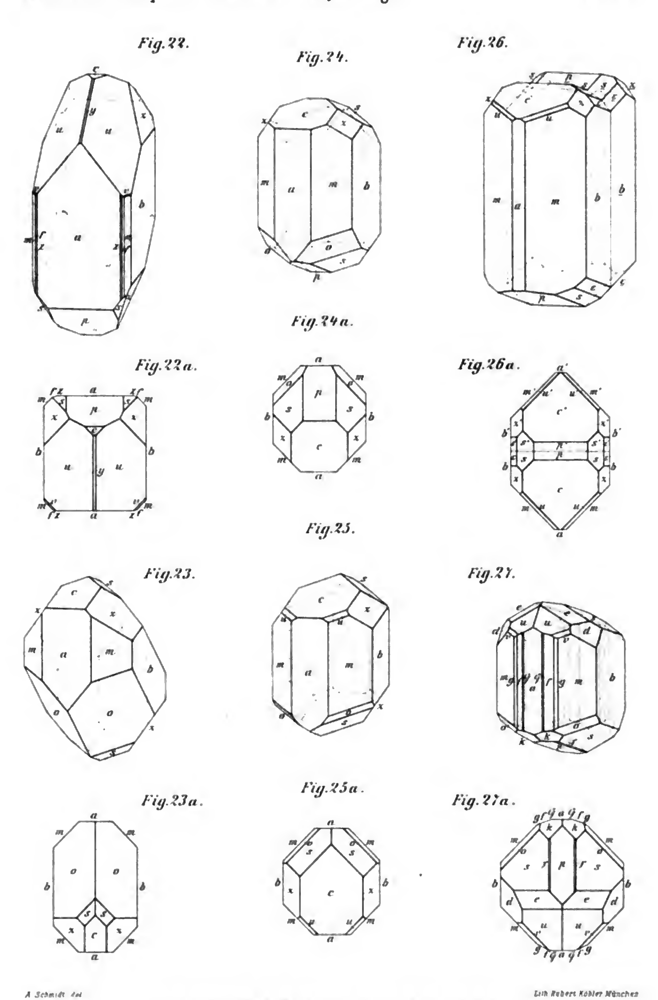
Lith. Hubert Köhler München



A Schmidt del. Lith Hubert Köhler München

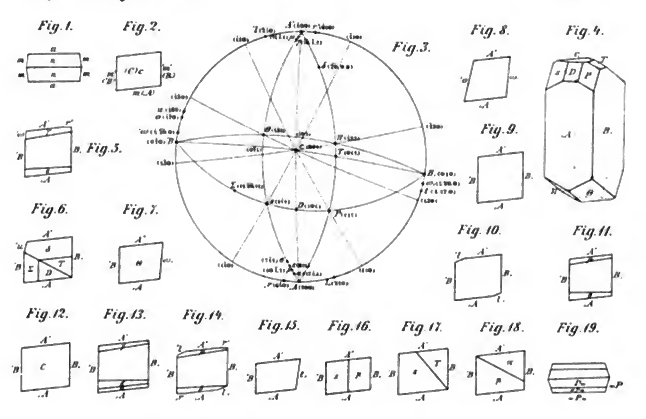


A. Schmidt del. Lith. Hubert Köhler München



A. Schmidt del. Lith. Robert Köhler München

P. Pjatnitzky, Uranotil.



K. Zimányi, Azurit von Laurion.

Fig. 21.

Fig. 23.

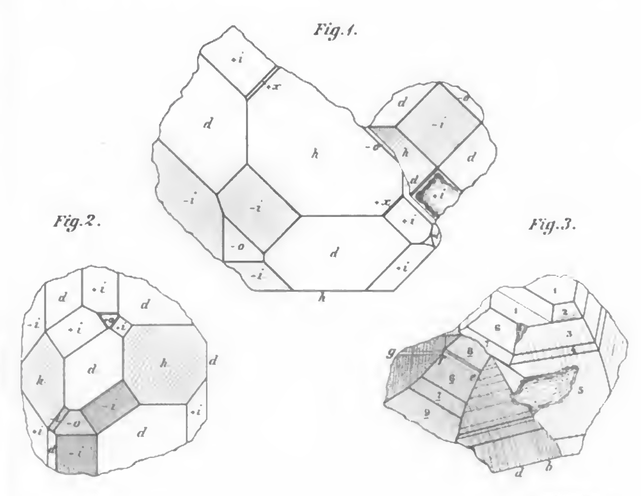
Fig. 20.

Fig. 22.

P. Pjatnitzky u. K. Zimányi del.

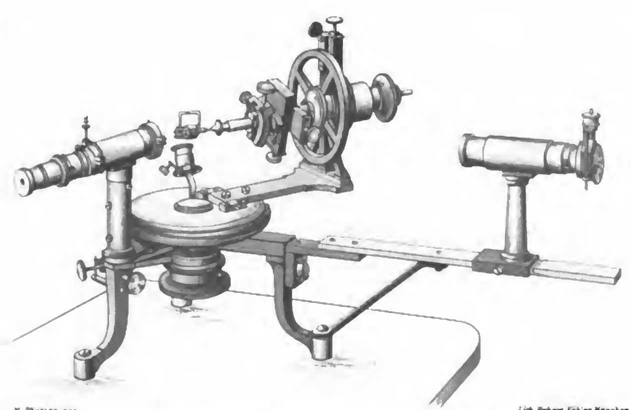
Lith. Hubert Köhler München

H. Baumhauer, Binnit, Jordanit. Taf. VI.

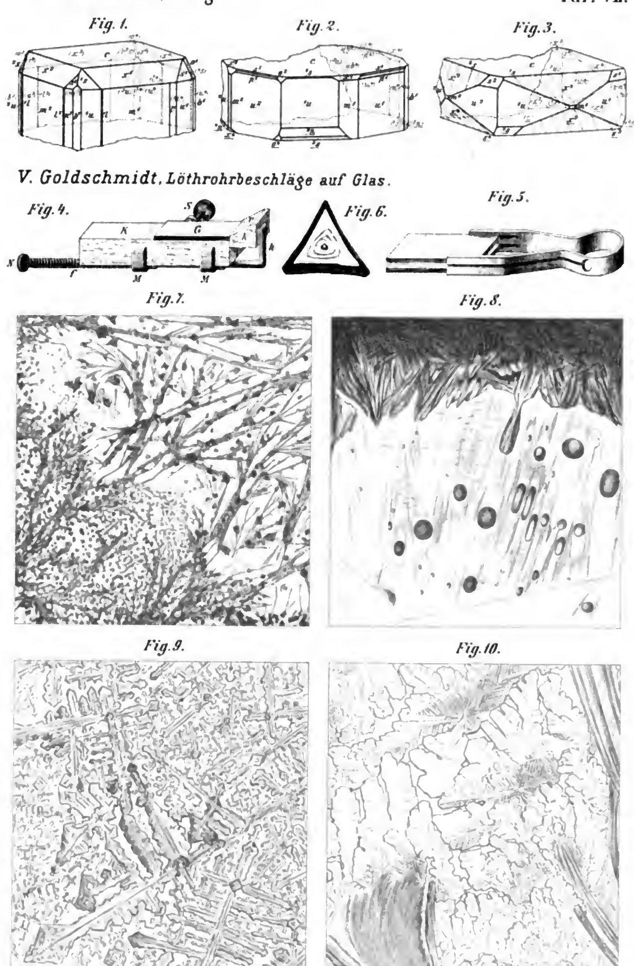


H. Baumhauer, del.

V. Goldschmidt, Goniometer mit 2 Kreisen.

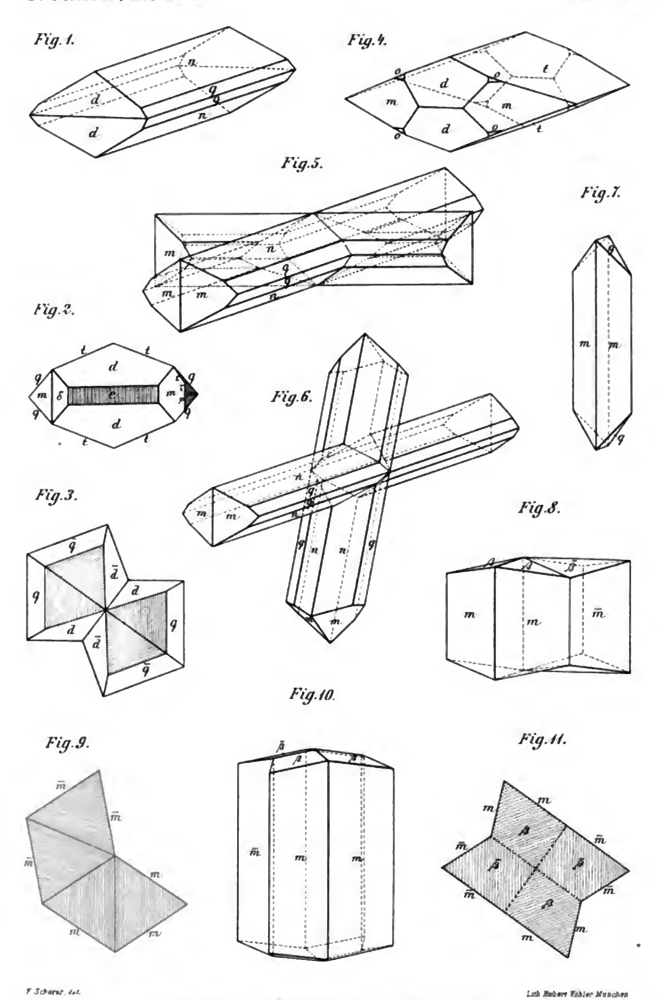


N. Photogr. gez. Lith. Hubert Köhler München



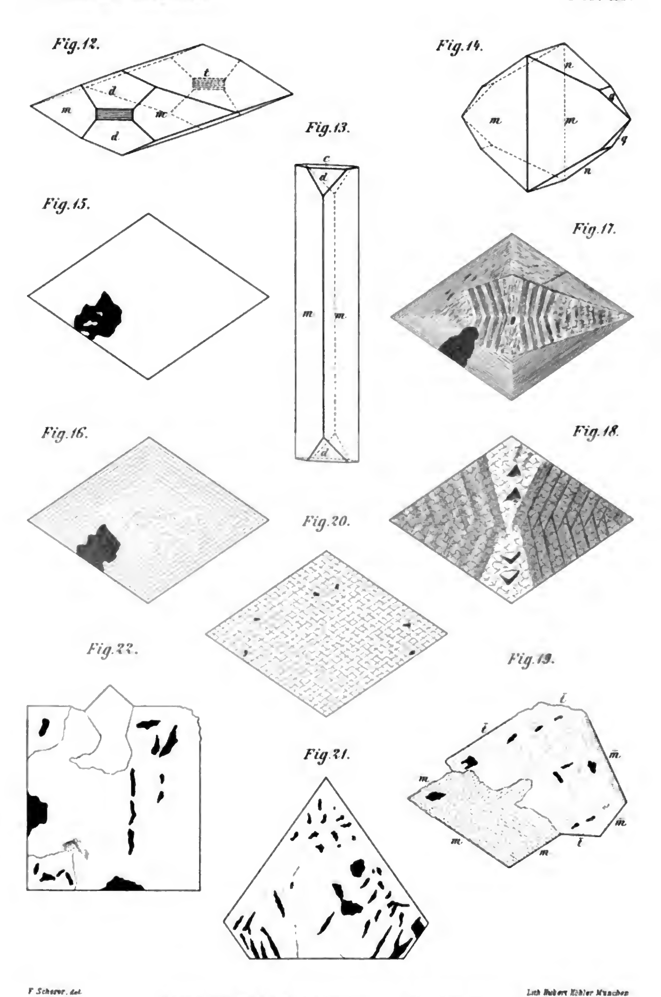
V. Goldschmidt del.

Lith. Hubert Köhler München



F. Scherer del.

Lith. Hubert Köhler München



F. Scherer, del. Lith. Hubert Köhler München



Fig. 1.

Oberfläche des Wassers

III

IV II II IV

IV IV

Ia I I Ia

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 7.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

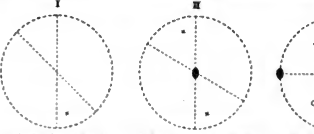
Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

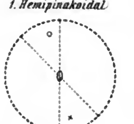
H. Vater, del.

Lith. Hubert Köhler München



1. Hemipinakoidal 3. Hemiprismatisch axial 6. Sphen.







2. Pinakoidal 4. Hemiprismatisch axenlos 7. Rhombop



5. Rhomboprismatisch 8. Rhombob

Symmetriearten der Krystallographie.

- *I. Triklines Subsystem* }
- *II. Monoklines „* } *Digonales System*
- *III. Rhombisches „* }
- *IV. Tetragonales System*
- *V. Hexagonales „*
- *VI. Tesserales „*

Bezeichnung:

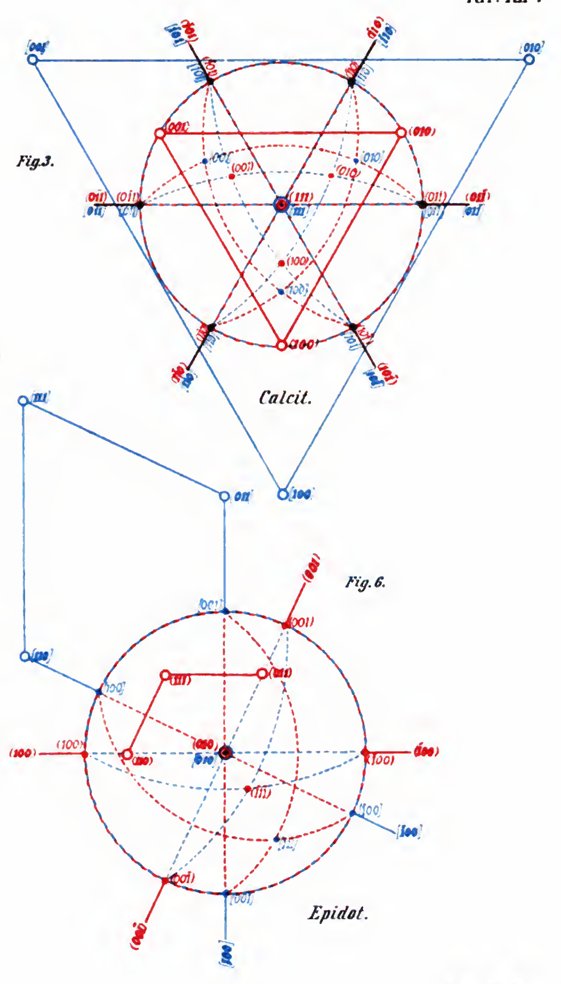
- ● 2-zählige Symmetrieaxe
- O „ „ Axe der zusammengesetzt. Sym.
- ▲ 3-zählige Symmetrieaxe
- ◆ 4-zählige „
- ◆ „ „ Axe der zusammengesetzt. Sym.
- ⬢ 6-zählige Symmetrieaxe
- ⬢ „ „ Axe der zusammengesetzt. Sym

Fette Linien bedeuten Symmetrieebenen,
fette punkt. Linien bedeuten Ebenen d. zusamm
Von 2 Zeichen ∘ ▪ bed. das eine einen Pol auf der
und das andere denselben auf der Unterseite.

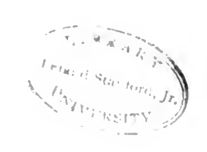
E. von Fedorow del.

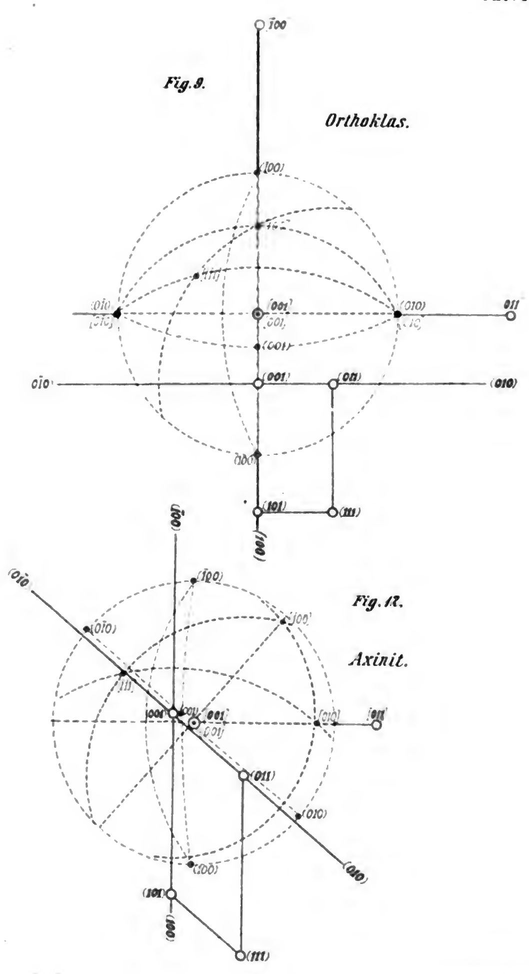
Ze:





Lith. Hubert Köhler München





Lith. Hubert Köhler München


LIBRARY
Leland Stanford, Jr.
UNIVERSITY





